S De 104 (326) 8°
SPN 3129=6

DU MÊME AUTEUR

LA CYBERNÉTIQUE ET L'ORIGINE DE L'INFORMATION

*Chez d'autres éditeurs :*

LA CONSCIENCE ET LE CORPS (P.U.F.)
ÉLÉMENTS DE PSYCHO-BIOLOGIE (P.U.F.)
NÉO-FINALISME (P.U.F.)

*Bibliothèque de Philosophie Scientifique*
Directeur : PAUL GAULTIER, de l'Institut

RAYMOND RUYER
*Correspondant de l'Institut*
*Professeur à l'Université de Nancy*

# LA GENÈSE DES FORMES VIVANTES

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE
115 057673 4
478712
D - 3
99431

FLAMMARION, ÉDITEUR
26, rue Racine, Paris (VI^e^)

UNIVERSITÉS DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE DE LA SORBONNE
13, RUE DE LA SORBONNE - 75257 PARIS CEDEX 05
TEL : 01 40 46 30 27 - FAX : 01 40 46 30 44

Inv. :

SIGB bibl. :

SIGB ex. :

SU ppn : 012 362 492

SU epn :

Cote : SPN 6 = 3129.

Droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous les pays.
© 1958, by ERNEST FLAMMARION.
Printed in France.

# LA GENÈSE DES FORMES VIVANTES

## INTRODUCTION

La morphologie, l'étude des formes et de leur agencement, ne présente pas de difficulté fondamentale. Il y faut plus que de la précision ou de la minutie. Il y faut, plus souvent, des méthodes indirectes demandant beaucoup d'ingéniosité, comme celles qui ont abouti aux schémas de structure de la chimie organique ou à la cartographie des gènes dans les noyaux cellulaires. Mais les résultats de ces méthodes indirectes sont souvent ensuite vérifiés directement. Les photographies par réseaux cristallins, les clichés au microscope électronique, ont fait voir parfois les structures d'abord ingénieusement conjecturées. Cela prouve qu'en principe du moins la morphologie est « facile » — au sens très particulier du mot dans les recherches scientifiques — facile comme une vision et une description directe.

D'autre part, dans la science des formes, on échappe à la désagréable obligation d'entrer dans les subtilités philosophiques sur la valeur et même la possibilité de la connaissance. Eddington, dans son dernier ouvrage (1), nous raconte quel événement intellectuel a représenté pour lui la rencontre de la théorie de B. Russell sur le caractère structural de la connaissance scientifique. On aurait pu éviter beaucoup de

(1) *The philosophy of physical science*, p. 151-2.

spéculations philosophiques, dit Russell (1), si l'on avait réalisé l'importance de la structure et la difficulté d'aller au delà. « Par exemple, on dit souvent que les phénomènes sont subjectifs, mais qu'ils sont l'effet de choses en soi qui doivent avoir, *inter se*, des différences correspondant aux différences des phénomènes. Quand on fait ce genre d'hypothèses, on suppose généralement que nous connaissons ainsi très peu de choses sur les contre-parties objectives des phénomènes. En fait, cependant, si les hypothèses sont exactes, les contre-parties objectives formeraient un monde ayant même structure que le monde des phénomènes... En bref, toute proposition ayant une signification communicable doit être vraie, ou de ces deux mondes, ou d'aucun. » Pour exprimer la chose grossièrement, le chien que nous observons n'est pas le chien comme « animal en soi », mais les deux chiens ont quatre pattes, une queue, pas de glandes sudoripares, et tous les autres détails anatomiques arrangés dans le même ordre. Peu importe que notre monde ne soit qu'un monde d'ombres, si, comme dans l'enfer de Scarron, l'ombre du chien, trottant derrière l'ombre de son maître, a quatre pattes comme le chien réel. Peu importe que je ne connaisse le cerveau réel et vivant du chien, qu'en termes de perception de ce cerveau par mon propre cerveau, si je suis capable d'en décrire exactement l'anatomie et le fonctionnement. Beaucoup de philosophes, devant le « problème des deux chiens », ont l'impression qu'il faut rejeter comme irrémédiablement « naïf » le point de vue scientifique, et qu'il faut penser d'une façon à la fois plus directe et plus subtile la notion de phénomène, par exemple en revenant à la donnée immédiate et en dévaluant comme artificiel tout ce que la science a accompli dans le déchiffrement de l'expérience sensorielle.

Mais ce découragement — ou cette prétention — est tout à fait injustifié. La théorie et la pratique des machines à information ont familiarisé avec l'importance majeure des correspondances structurales. Il est

(1) *Introduction à la philosophie mathématique.* (Payot).



indifférent à l'usager que la piste sonore du film soit obtenue d'une manière ou d'une autre, avec un matériel ou un autre, pourvu que le son soit fidèlement reproduit. Il est indifférent à l'usager que le concert écouté à la radio soit transmis par modulation d'amplitude ou modulation de fréquence, avec deux ou avec trois étages d'amplification, si l'audition est bonne. De même, il est indifférent au savant anatomiste qu'il connaisse la structure du chien à travers ses propres relais cérébraux, ou directement, comme phénomène absolu. Il lui est indifférent d'apprendre qu'il est dans la caverne de Platon, ou dans le monde de Kant, ou dans celui de Berkeley, ou dans celui de Husserl, pourvu qu'il puisse « décoder » le dernier état du groupe structural.

Naturellement, tout ce que l'on peut dire de la connaissance de la structure s'applique à la connaissance du fonctionnement. Les deux ne font qu'un. Une structure est un groupe fermé d'opérations possibles, aussi bien en mathématiques qu'en biologie. La rotation d'une sphère, comme groupe d'opérations sur les points de la sphère, définit précisément la structure d'une sphère. Le mode de locomotion du chien ne fait qu'un avec la structure de ses membres, ou plus exactement avec la structure de ses membres, *plus* la structure des appareils nerveux commandant les muscles. Du moins, le postulat de la physiologie scientifique est que l'on peut, en principe, trouver dans la structure actuelle de l'appareil nerveux de quoi expliquer intégralement le mode de locomotion du chien comme un fonctionnement cyclique. Ce postulat peut encore s'exprimer sous la forme : « On doit pouvoir toujours fabriquer ou imaginer, pour une fonction considérée, un automate de structure et de fonctionnement équivalents ». L'automate sera naturellement en métal ou en matière plastique, et non en cellules vivantes, mais sa structure, d'après la définition, sera exactement la même, quant à la fonction considérée, que la structure du chien vivant.

*
* *

Si la morpho-logie, avec la physiologie du fonctionnement, est la partie facile de la science classique, la morphogénèse présente au contraire le maximum de difficulté et même de mystère. On le conçoit aisément. Si la connaissance repose sur des correspondances structurales, sur l'isomorphisme entre l'objet réel et son phénomène ou son schéma théorique, comment pourra-t-il y avoir isomorphisme entre un schéma structural quelconque et le passage d'une *absence* de structure à une *présence* de structure ? Que le chien, dont on sait qu'il a existé à l'état d'un œuf fécondé unicellulaire, ait formé ses quatre pattes et son système nerveux, on ne peut le comprendre de la même façon que l'on comprend comment le chien, ayant *maintenant* quatre pattes et un système nerveux, est capable de marcher. *Il ne peut y avoir isomorphisme entre une forme et une formation, mais seulement entre forme et forme, ou entre formation et formation.*

Dans le mystère de la morphogénèse, il n'y a que deux attitudes possibles : ou essayer de nier la formation, en la réduisant à un fonctionnement, ou recourir à un schéma non structural, à l'analogie avec un autre domaine, plus familier, où l'on constate aussi des formations, tel que le domaine de l'invention artistique ou technique. Selon ce dernier type d'hypothèse, la structure et le fonctionnement de l'automate correspondent à l'anatomie et à la physiologie du chien, et la formation du chien correspond à l'invention de l'automate. L'isomorphisme de la connaissance est préservé : dans la formation comme dans l'invention il y a passage d'une *absence* à une *présence* de structure ; ou, si l'on préfère, il y a passage d'un iso-amorphisme à un iso-morphisme. Mais c'est au prix d'un renoncement à *connaître* scientifiquement l'invention aussi bien que la formation. Les psychologues à tendance scientifique n'ont pas perdu l'espoir d'expliquer l'invention comme un fonctionnement du cerveau humain. Or, il est clair qu'il faut renoncer à cet espoir si l'on met en parallèle



invention et formation, car il n'y a pas de cerveau, humain ou non, qui soit à l'origine de la formation du chien, cerveau compris. La nature n'a pas de système nerveux pour former les systèmes nerveux. Elle n'a pas de mains, disait Plotin, pour former des mains.

## Chapitre Premier

# VERTICALISME ET THÉMATISME

### Fonctionnement et formation.

L'allure fondamentale des formations organiques peut être caractérisée métaphoriquement, comme « verticalisme ». Une formation est irréductible à un fonctionnement, et elle peut être dite « perpendiculaire » à celui-ci. Un coup d'œil sur l'ensemble des schémas de la page 12 en dira plus long que toutes nos explications. Il est indifférent qu'il s'agisse ici de la formation organique d'un canal circulatoire aérien ou sanguin, ou même qu'il s'agisse d'une création humaine technique ; l'important est l'opposition entre les schémas disposés verticalement et les schémas disposés horizontalement. Les premiers représentent une formation, avec apparition de formes nouvelles que rien, sauf la connaissance analogique des phénomènes semblables, ne permet de déduire des formes d'abord données. Les seconds représentent dans l'espace et le temps le fonctionnement des structures après formation, fonctionnement qui se déduit aisément des structures considérées. Tous les traités d'embryologie fournissent à profusion des exemples de schémas verticaux. Tous les traités de physiologie fournissent des exemples de schémas horizontaux.

Dans un sens aussi bien que dans l'autre, un état

commande l'état suivant. *La notion d'enchaînement de formes est plus large que celle de fonctionnement,* et il peut y avoir enchaînement de formes sans fonctionnement. Il n'y a jamais émergence ou apparition pure, dans le sens où l'on dirait qu'un fantôme apparait, ou que Vénus émerge au-dessus des flots « comme une vapeur ». La gouttière se forme *à partir* d'une aire plate, et le tuyau *à partir* de la gouttière.

PSEUDO-FORMATIONS.

Dans une usine qui fabrique des gouttières par emboutissage, ou des tuyaux; la fabrication n'est certes qu'un fonctionnement. D'autre part, lorsque des sédiments marins, comprimés latéralement, se déversent sur un socle continental en formant des plis qui parfois prennent l'allure de véritables gouttières, bref, dans ce qu'on appelle la « morphogénèse » d'un massif montagneux, personne ne verra autre chose qu'un fonctionnement mécanique, et personne, à moins d'exprimer un sentiment religieux ou poétique, ne sera tenté de recourir à la mythologie d'une création divine, « verticale » et « artistique », des montagnes. Mais la morphogénèse organique, tout en se tenant très près d'un fonctionnement, est tout autre chose, puisqu'elle aboutit, non seulement à un changement de la forme de départ, non seulement

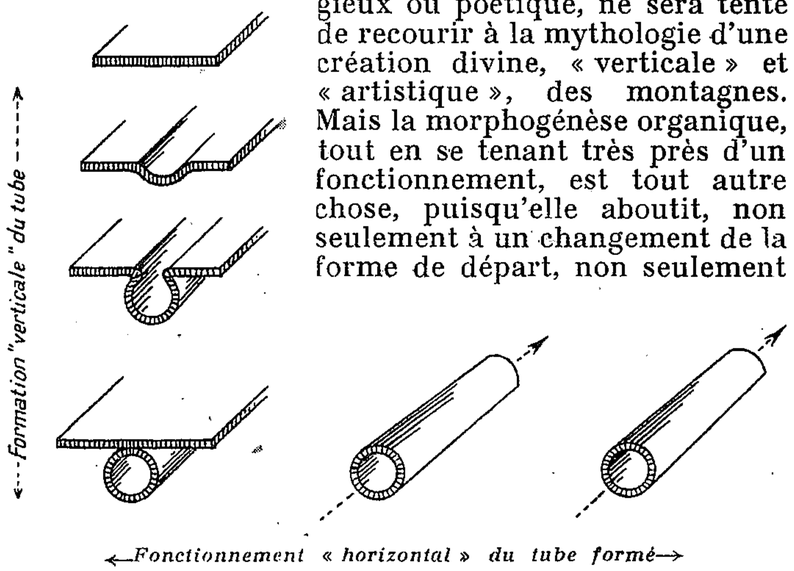


**Fig. 1**



à une augmentation brute de complexité qu'il serait parfaitement possible de chiffrer comme « quantité d'information », mais à une augmentation de complexité dans une totalité auto-subsistante, consistante, unifiée, et capable de servir à son tour de base de départ pour une nouvelle formation. L'augmentation brute de complexité dans un ensemble ouvert n'est pas un critère suffisant : il faudrait probablement au moins autant de mots pour télégraphier la description des Alpes que pour télégraphier la description d'un embryon de mammifère. Mais les plissements montagneux une fois formés ne peuvent encore que fonctionner, c'est-à-dire subir passivement pressions, érosions, décompositions chimiques, tandis que l'organisme continue à se différencier. En outre, au moment de la formation du plissement montagneux, on surprend le jeu des forces latérales qui agissent massivement, de l'extérieur, sur les couches sédimentaires, et qui les poussent de proche en proche. Au contraire dans les plissements, invaginations, migrations des tissus organiques, les forces en jeu doivent d'abord être créées ou mobilisées sur place, par une première différenciation ; elles sont « effets à expliquer » autant que « causes explicatives » ; elles ne représentent pas un dynamisme massif, mais, selon l'expression de Dalcq, un dynamisme organisateur, organisateur parce qu'il est déjà lui-même organisé, distribué, hiérarchisé, et synchronisé.

Il y a analogie entre la formation organique — opposée au fonctionnement — et le montage d'une usine ou d'une chaîne de production nouvelle, avec nouvel outillage, opposé au fonctionnement de l'usine montée et aux fabrications en cours. Un fonctionnement accéléré augmente la *production,* mais non la *productivité* de l'usine comme de l'organisme. L'usine qui fabrique des gouttières par emboutissage « fonctionne », une fois montée, mais le montage de la chaîne de fabrication n'a pu être un fonctionnement. Il a dû être une organisation, une formation vraie.

### Formation de l'amphioxus.

Rappelons ici à très grands traits les phases primitives du développement de l'amphioxus. Il offre une sorte de schéma du développement de tous les vertébrés. L'œuf se segmente, sans grossir, en deux, puis quatre, puis huit cellules à peu près égales. Ces cellules continuant à se diviser, il en résulte une petite sphère pareille à une mûre (morula). Elle devient une vésicule creuse (blastula).

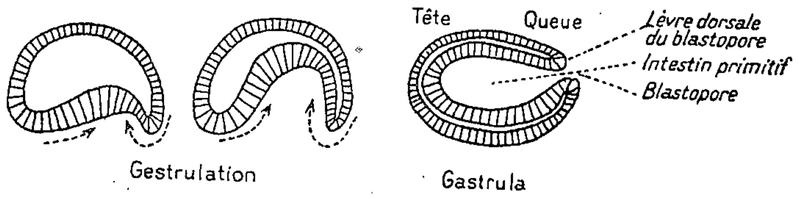


Fig. 2

Le pôle inférieur s'aplatit, se déprime, et s'enfonce (gastrulation) dans l'hémisphère supérieur comme si un pouce invisible pressait sur une balle de caoutchouc (*fig.* 2). Par suite, la cavité de la blastula est réduite, et une nouvelle cavité est formée, qui fournit l'intestin primitif. Cet intestin primitif communique avec l'extérieur par l'orifice résiduel : le blastopore. La région du blastopore, surtout la partie dorsale, a été en réalité l'agent actif de la gastrulation. Dans la gastrula, les ébauches de l'animal sont déjà mises en place. La gastrula a un axe tête-queue, avec symétrie bilatérale, et un axe dorso-ventral. D'autre part, les éléments qui se sont invaginés n'ont pas la même destinée. La voûte dorsale constitue l'ébauche chordale et, dans le mésoblaste, la partie ventrale constitue l'entoblaste qui bientôt se détache des ébauches

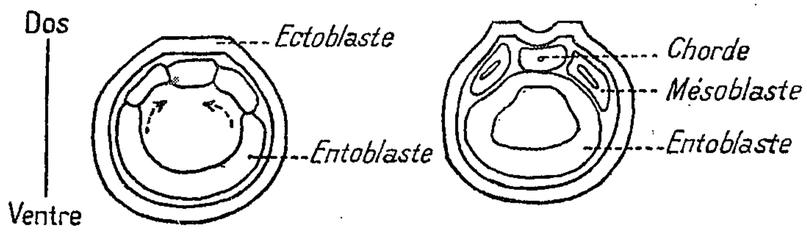


Fig. 3



mésoblastiques et se soude au-dessous de l'ébauche chordale (*fig* 3). Sur la face dorsale de l'embryon en contact avec l'ébauche chordale, le système nerveux s'amorce par deux crêtes qui apparaissent le long de l'axe tête-queue, se rapprochent, et constituent, en se soudant, le tube nerveux. Il faut bien noter que si par la méthode des marques colorées, on peut repérer déjà sur la blastula les cellules qui deviendront, une fois invaginées, ou chorde, ou mésoblaste, ou intestin, cela ne signifie pas qu'elles contiennent en elles à l'état pré-formé les structures qu'elles deviendront, car si l'on déplace expérimentalement ces cellules, elles peuvent donner autre chose que ce qu'elles auraient donné, laissées en place, et l'embryon se développe normalement.

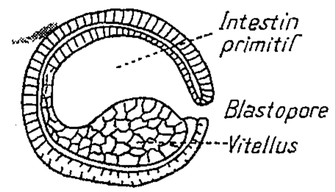


Fig. 4

Le développement de l'œuf d'amphibien est très analogue, sauf que, plus riche en matières nutritives de réserve, la segmentation, puis la gastrulation est comme gênée par cette masse de vitellus, et que la lèvre *dorsale* du blastopore est de beaucoup la plus active (*fig.* 4).

Même dans cette schématisation si grossière des faits, il est difficile de ne pas voir le caractère de travail créateur, de comportement à initiatives, irréductible à un fonctionnement, de la formation, bref, son « verticalisme ». Tout est activité dans la gastrulation. Si la blastula était un système d'équilibre physique, on voit mal comment elle s'engagerait dans la voie qui la conduit à une telle complication.

### Greffe et prothèse.

Dans le fonctionnement horizontal, on peut suivre les cheminements et transmission des forces ou des substances, et les enchaînements des effets. C'est pourquoi la technique humaine peut intervenir, par des substitutions partielles de plus en plus hardies.

On peut déjà, momentanément, et bientôt, sans doute, durablement, remplacer une canalisation organique défaillante par une canalisation en matière plastique. Dans la formation verticale, on peut découvrir aussi des cheminements et transmissions de substances, des enchaînements d'effets dans lesquels l'intervention est possible. L'embryologie expérimentale donne lieu à des techniques au moins aussi hardies que les techniques de prothèse. On peut, par exemple, aux phases précoces d'une différenciation, opérer des greffes, en prélevant le greffon sur une autre partie de l'organisme en développement, ou sur un autre organisme de la même espèce, ou même sur un organisme d'une espèce voisine. Le développement normal peut néan-

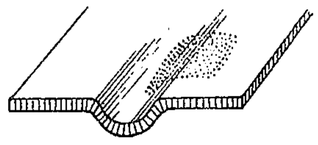

Fig. 5

moins s'opérer dans un grand nombre de cas, le porte-greffe imposant au greffon sa propre allure de différenciation — par exemple, ici, la contribution à la formation d'une gouttière (*fig.* 5). Même dans le cas où le greffon n'obéit pas complètement aux inductions du porte-greffe, et se développe comme il se serait développé en son lieu originel, les deux tissus artificiellement accolés s'harmonisent d'eux-mêmes, au moins partiellement.

Mais il est impossible de confondre les deux espèces de techniques, verticale et horizontale, la greffe et la prothèse. Dans une intervention « verticale », l'opérateur compte sur une compétence propre des tissus concernés. Il modifie, par des déplacements, les possibilités d'exercice de ces compétences. Il est pareil à un chef d'entreprise qui peut modifier la situation de ses ouvriers, en leur permettant un emploi plus ou moins étendu de leurs compétences ; ou qui peut encore modifier les signaux réglant leur travail, ou



le rythme d'arrivée des matériaux à élaborer. Il n'est pas pareil à un ingénieur imaginant des machines substituables au travail, déjà machinal, de manœuvres ou d'ouvriers non qualifiés.

### Fonctionnement, morphogénèse et comportement.

Le comportement peut être considéré comme une synthèse de fonctionnement et de formation. Une machine, livrée à elle-même, fonctionne. Mais une machine, lorsqu'on la rapporte à un thème ou à une intention d'emploi, a un « rôle » et « se comporte ». Le comportement, contrairement à la thèse des behaviouristes mécanistes, est irréductible à un fonctionnement. Il implique improvisation et adaptation inventive à une fonction-rôle. Une automobile, un bateau, un avion, entre les mains d'un pilote, se comporte, bien ou mal relativement au pilote, dont l'intention tient ainsi la place du thème vertical dans une formation. Un organisme vivant, agissant par instinct « se comporte » aussi. Ce qui signifie qu'une composante de formation et d'improvisation se mêle au fonctionnement des organes déjà présents : le « pilote » ici ne fait qu'un avec la machine. L'improvisation de comportement non seulement utilise la machine, mais la conduit, la corrige, la complète et la perfectionne. Le pilote est en même temps un ingénieur. Le comportement ne dépend donc pas exclusivement d'une structure, il est aussi improvisation de structure. Il y a de la formation dans tout comportement, et le comportement est principe de formation.

Chez les animaux supérieurs, le comportement est lié au système nerveux qui est devenu l'organe spécialisé de l'auto-conduction diffuse dans l'embryon. Quand un animal supérieur se comporte, son système nerveux seul manifeste la composante d'improvisation formative qu'il y a dans tout comportement. Le reste de son corps se borne à fonctionner selon les guidages du système nerveux. Quand un protozoaire se comporte, c'est son organisme tout entier qui, à la fois, fonctionne et improvise. L'unicellulaire improvise des

pseudopodes pour avancer, une bouche et un tube digestif pour avaler. Dans l'embryon aussi, même d'un animal supérieur, l'improvisation est partout, mêlée au fonctionnement des organes déjà acquis par les développements précédents. La blastula improvise, selon un thème spécifique certes, mais au delà d'un fonctionnement machinal, la migration cellulaire qui la transformera en gastrula, comme l'unicellulaire improvise des pseudopodes. Le comportement est indiscernable du développement, et il en est à la fois le principe et la manifestation. Chez les animaux inférieurs, les colonies de bactéries ou d'amibes, le développement reste indiscernable du comportement jusqu'à la mort de l'organisme.

Chez l'adulte doté, non seulement d'un système nerveux, mais d'un cerveau au cortex développé comme chez l'homme, il est extrêmement caractéristique que l'ensemble de l'organisme soit plusieurs fois représenté, comme une sorte d'*homunculus*, en projection sur le cortex : sur le cortex pariétal, comme sensibilité, sur le cortex frontal comme motricité, sur le cortex occipital comme corps vu, et même, d'une manière encore mal précisée, sur le cortex pré-frontal comme sensibilité et motricité émotives (1). Dans un comportement psycho-social, le fonctionnement du corps est subordonné au comportement immédiat du « corps projeté », de l'*homunculus* cortical qui lui, se comporte à la manière d'un unicellulaire ou d'une colonie amibienne.

Considérons un homme qui marche vers un but déterminé par un chemin mal tracé exigeant une certaine vigilance inventive. Les muscles de ses membres, en tant qu'ils obéissent aux impulsions nerveuses, ne font que fonctionner. Mais l'*homunculus* cérébral, sensible et moteur, la zone d'où partent les impulsions nerveuses, ne peut se borner à fonctionner : l'*homunculus* cérébral, l'ensemble des neurones tissés en un réseau qui le constitue, forme une sorte d'énorme amibe (2) cérébrale, qui « se comporte » selon une

(1) Cf. J.S. WILKIE, *The science of mind and brain*, p. 126.
(2) Cf. *infra*, chap. III.



auto-conduction immédiate, analogue à celle de l'amibe émettant des pseudopodes et se transformant tout entière en appareil à avancer. La locomotion volontaire d'un homme est ainsi l'amplification fonctionnelle, obtenue par des relais compliqués, d'un schéma improvisé de mouvement dans l'*homunculus* de la zone motrice. Le cerveau, dans un multicellulaire adulte, est un appareil qui permet la séparation de la composante « fonctionnement » et de la composante « comportement » qui, chez l'unicellulaire ou l'embryon, sont confondues. Le cerveau ne se borne pas plus à fonctionner qu'un embryon en développement. C'est pourquoi, si l'on applique par exemple un courant faradique à la zone motrice d'un cerveau vivant, on ne produit pas des mouvements stéréotypés, mais des « réponses » motrices variables. L'*homunculus* cérébral n'est localisable qu'en gros, précisément parce qu'il est en comportement ou en développement perpétuel, comme une amibe, ou une colonie d'amibes dans un cristallisoir.

On peut dire indifféremment, et sans tomber dans un cercle vicieux ou une contradiction, que le comportement est une synthèse de formation et de fonctionnement — si l'on songe surtout au comportement des êtres dotés d'un système nerveux — ou bien que le comportement est principe de fonctionnement si l'on songe surtout aux êtres non dotés, ou non encore dotés, d'un système nerveux.

Lorsqu'on a voulu comme A. Gesell étudier l'embryologie du comportement (1) au sens psychologique du mot, on s'est aperçu qu'il était impossible de dissocier comportement et morphogénèse. La thèse selon laquelle l'hérédité biologique crée les structures organiques, celles-ci déterminant *ensuite* le comportement, est aujourd'hui reconnue fausse. L'hérédité est facteur à la fois des structures et des comportements, ou, pour mieux dire, des comportements formatifs et des comportements instinctifs. Il y a plus que parallélisme, il y a identité de nature entre les modes de développement des structures du corps, et les modes de développement des comportements instinctifs.

(1) A. GESELL, *L'embryologie du comportement*, (P.U.F.).

Le développement « vertical » est un comportement, et le comportement instinctif se développe, à la manière des ébauches organiques. Les deux sont étroitement entrelacés, souvent par convergence de développements fragmentaires. Dans l'ontogenèse des jeunes passereaux, le comportement : « grattage de la tête en se tenant en équilibre sur une patte et sur une aile », apparait d'abord par fragments. Des parties de ce mouvement complexe apparaissent avant que le comportement, comme unité fonctionnelle, puisse être accompli. Le fœtus des marsupiaux (l'opossum surtout a été bien étudié par Hartman et Mac Crady) âgé de dix jours, et ressemblant plus à un ver qu'à un mammifère, est capable de ramper, du canal urogénital à la poche, en utilisant ses membres antérieurs et en déplaçant la tête d'un côté à l'autre jusqu'à ce qu'il trouve le mamelon, où il s'accroche comme à un cordon ombilical pour achever son développement. Ce comportement utilise des fonctionnements, mais les enveloppe et s'intercale dans le développement comme une phase parmi d'autres. Il en est de même, comme l'ont montré les techniques récentes et l'emploi de microfilms, pour l'embryologie humaine. L'attitude de réflexe tonique du cou, impliquant des mouvements dissymétriques de l'épaule et des membres, et qui deviendra élément constituant d'une foule de comportements ultérieurs, s'ébauche déjà à huit semaines et demie quand le fœtus humain n'a que 25 mm (1). L'embryon, flottant librement, contribue probablement lui-même à son équilibre, les canaux semi-circulaires étant très précoces dans leur croissance, mais n'étant encore qu'ébauchés.

Structure et fonction, structure et comportement, loin d'être comme « machine » et « fonctionnement » — le fonctionnement ne se définissant jamais qu'*après* la structure de la machine — se développent de conserve, presque du même pas, la fonction et le comportement anticipant toujours *un peu* sur la structure. La fonction ne peut anticiper *beaucoup* sur la structure — car alors on sortirait de la continuité du « verticalisme » pour tomber dans le cas de l'apparition magique ou miraculeuse. Mais, pour qu'il y ait développement, ou comportement, il faut bien que

(1) Cf. in A. GESELL, *op. cit.*, les cinémicrophotographies du Dr Hooker.



la fonction anticipe *un peu* sur le « fonctionnement possible ». Autrement, la base structurale ne changerait pas. Le développement ne peut être cyclique comme un fonctionnement, qui revient toujours, en principe, à son point de départ. Si, à la fin d'un développement embryonnaire, des structures nouvelles, évidentes et massives, sont là, il faut bien que des infinitésimaux de nouveauté aient été intégrés. On ne peut vivre qu'à crédit.

### FORMATION ET USURE.

Dans une machine, le fonctionnement n'est pas rigoureusement cyclique, puisque la machine s'use et finalement se détraque. Mais, à notre connaissance, personne n'a encore osé soutenir franchement — bien qu'on l'ait souvent fait sous des formes enveloppées — la thèse que le développement n'est qu'un phénomène d'usure et que l'organisme adulte est un œuf, ou un embryon, usé. Un vieillard est peut-être, dans une certaine mesure, un adulte usé, au sens mécaniste du terme, et il est fort possible, et même probable, que l'usure comme le vieillissement commence de très bonne heure sur toutes les structures constituées et mécanisées. Mais la morphogénèse, ou la régénération, est précisément antagoniste de cette usure, d'abord dominée, puis égale, puis, prédominante. L'opposition des deux facteurs est évidente, et il ne saurait être question de les confondre. Si donc la non fermeture du cycle dans le comportement et le développement ne s'explique pas par l'usure, il faut bien qu'elle s'explique par une anticipation infinitésimale de la formation sur le fonctionnement, par une sorte d'*usure négative*, ou encore, puisque l'usure est un phénomène d'entropie, par une « nég-entropie », ou par un *apport* de forme. La vieille définition vitaliste : « La vie est l'ensemble des forces qui résistent à la mort » est à la fois incontestable et insuffisante. Elle n'est vraie que pour le moment idéal où le développement vertical, par son apport morphogénétique, compenserait tout juste la dégradation de structure produite par le fonctionnement horizontal. Mais ce moment idéal

n'existe pas, du moins pour l'organisme pris dans son ensemble, car les pouvoirs de régénération sont toujours très inégalement répartis. Et surtout, un organisme qui s'édifie ne se borne pas à résister, il crée des formes.

### Mises en place actives.

L'anticipation de la fonction sur la structure est révélée par les faits. La fonction et le comportement anticipent assez sur la structure pour que la différenciation finale apparaisse souvent comme une mise en place de moyens plus raffinés, perfectionnant une fonction fruste, mais déjà active. Comme dans une usine humaine, l'« automatisation », dans l'« usine » organique, est souvent tardive.

Un rythme organique primitif précède souvent la mise en place des mécanismes nerveux qui le contrôleront, et qui, d'autonome qu'il était, le rendront automatique, au sens mécaniste du mot. Dans l'organisme adulte, les battements du cœur semblent s'expliquer causalement par l'action purement physique des influx nerveux. Mais comment expliquer alors qu'au quatrième jour d'incubation, un cœur d'embryon de poulet fournisse déjà un électro-cardiogramme identique à celui de l'adulte, par le rythme propre des cellules musculaires et alors qu'il n'a pas encore de contrôle nerveux ? (1) La mise en place des moyens ne se fait pas elle-même sans moyens qui apparaissent comme des causes à celui qui est absolument décidé à les considérer ainsi. Mais il est frappant que la mise en place ait l'allure déjà d'un comportement formatif. Les cellules nerveuses qui établiront les mécanismes auxiliaires du comportement déjà dynamiquement ébauché, se comportent elles-mêmes comme instinctivement. Le micro-cinéma accéléré montre leurs cônes de croissance cherchant leur voie, avec les mouvements amiboïdes, dans l'espace intercellulaire des tissus vivants, guidés par des stimuli-signaux émanant des cellules musculaires à innerver (2).

(1) A. Gesell, *L'embryologie du comportement*, p. 40.
(2) Observations de C.C. Speidel.



### La maturation sous-jacente au fonctionnement.

Le schéma du verticalisme ne doit pas faire croire que la constitution de l'organe, puis le fonctionnement de l'organe, soient toujours deux phases nettement successives et distinctes. Cela arrive souvent : il y a même une certaine incompatibilité entre le travail de formation, et le travail de fonctionnement. Dans l'embryogenèse, l'artère pulmonaire, les poumons, et bien d'autres organes, se forment avant de fonctionner. Mais encore plus souvent, le fonctionnement est étroitement mêlé à la formation : l'artère ombilicale, ou le cœur, se forme et fonctionne en même temps, et il en est de même de la plupart des organes qui fonctionnent dès les premières phases de leur formation, et qui continuent à se former en fonctionnant. Une main adulte fonctionne et sert comme organe sans se développer (bien qu'elle se répare imperceptiblement, par exemple par la poussée des ongles, et plus généralement par le flux incessant de molécules qui passent dans sa forme). Une main embryonnaire se développe sans servir. Mais une main, un œil, un système nerveux de nouveau-né se développent tout en commençant à servir. Le fonctionnement n'attend pas que l'organe soit complètement constitué. Un développement-maturation continue en général pendant le premier exercice. D'autre part, ce premier exercice est souvent indispensable à la bonne continuation du développement. Un jeune animal que l'on empêcherait de voir en couvrant ses yeux d'un écran subirait des dommages oculaires inguérissables.

### La continuité thématique.

Dans les deux sens, vertical et horizontal, du schéma de la formation, qu'il s'agisse de la phase de morphogénèse ou de la phase de fonctionnement, il y a apparemment, dans le temps, passage d'une structure à une structure.

Mais, dans le sens de la morphogenèse, il y a continuité *thématique*, alors que, dans le sens du fonctionnement, il y a continuité *positionnelle*. S'il n'était

difficile d'imposer au vocabulaire une rigueur absolue sur ce point, on pourrait ici spécialiser les mots « forme » et « structure », en précisant que la morphogenèse verticale manifeste une continuité thématique des formes, et que la physiologie horizontale manifeste une permanence de la structure malgré les changements de position. *Dans le premier cas, on va d'une forme à une autre forme, dans le deuxième cas, on va d'un ensemble de positions à un autre ensemble de positions.*

Dans un développement, on va toujours d'une « ébauche » à un organe achevé (par exemple d'une ébauche de tube à un tube parfait). Plus précisément, on va, à partir d'une aire dite *présomptive*, c'est-à-dire dont le biologiste sait par analogie qu'elle fournit normalement un organe défini, à la même aire dite *déterminée*, sur laquelle on n'a pas seulement, quant à son développement ultérieur, des présomptions subjectives, mais qui a effectivement reçu, ou qui s'est abouché avec, un thème de différenciation, comme le prouve la suite des événements. Au stade de la détermination, la différenciation n'est pas encore observable, mais le caractère objectif de la détermination peut être démontré par les expériences de transplantation : si le greffon se développe *selon son origine*, et non *selon le lieu* où il a été transplanté, c'est qu'il était déterminé. Par exemple chez les amphibiens, en deçà d'une étape bien définie de la gastrulation, un morceau du tissu qui, normalement, fournirait du tube neural, s'il est greffé chez un autre embryon à la place de la région présomptive de formation des branchies, fournit des branchies. De l'épiderme présomptif, transplanté dans l'aire du tube neural présomptif d'un deuxième embryon, fournit une corde spinale ou du cerveau. Mais un peu plus tard, après ce « quelque chose » que l'on appelle détermination, cette plasticité d'apparence miraculeuse est perdue: des greffes semblables aux premières ne donnent plus le même résultat ; les greffons se développent dans leur nouvelle place comme ils se seraient développés *in situ*, sans s'adapter, et selon



le thème amorcé en eux avant l'intervention de l'expérimentateur.

### Les étapes de la détermination.

Cette restriction des capacités morphogénétiques d'un tissu, corrélative des progrès de la détermination et de la différenciation, s'opère par étapes. Ainsi, l'ectoderme de la gastrula, résultant lui-même d'une détermination de la blastula, est déterminé d'abord vers la différenciation épidermale, neurale ou mésodermale. Puis, chacune de ces grandes catégories subit des déterminations secondaires : par exemple, la détermination épidermale conduit à l'épiderme vrai, ou à l'ébauche du cristallin ou du tympan, etc. De même, un bourgeon de membre est déterminé comme patte, puis, comme patte droite, etc. Waddington, Needham, Lotka, et d'autres, ont représenté cette succession de déterminations comme une série de passages à des états d'équilibre de moins en moins instable. Soient trois étages de cônes, ou plutôt de troncs de cônes, disposés de cette manière (*fig. 6*). Une bille est d'abord placée au sommet du cône supérieur, d'où elle peut tomber, suivant la poussée qu'elle recevra, sur n'importe lequel des cônes de l'étage inférieur, d'où elle pourra de nouveau tomber de la même manière, et

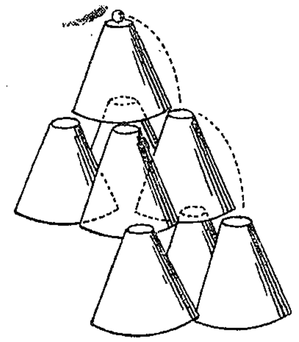

Fig. 6

ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle atteigne le plan de stabilité absolue qui est l'organisme adulte. Cette figuration a sa valeur en ce qu'elle représente l'irréversibilité de la différenciation après détermination. Elle permet aussi, nous le verrons, d'introduire la définition des « chiquenaudes » successives qui font tomber la bille dans telle ou telle direction à partir du sommet. Mais elle risque de tromper, en ce qu'elle donne à la détermination l'aspect purement négatif d'une restriction de « pouvoir ». Tel bourgeon *pourrait* devenir patte droite ou patte gauche ; après détermination, il ne peut plus fournir qu'une patte droite. Mais le mot « pouvoir », ou « potentialité », a un double sens. Il désigne, soit une possibilité (que se représente un témoin), non dynamique, soit un « pouvoir dynamique ». Quand la transplantation par greffe montre que le sort « présomptif » de tel fragment de tissu est modifiable, et qu'il *pouvait* donc devenir autre chose que ce qu'il devient normalement, rien ne permet de donner à « pouvoir » un sens dynamique, et de dire que le tissu avait en lui de quoi se différencier dans de multiples directions, mais que la détermination a *limité* ce pouvoir. La présomption, nous l'avons souligné, n'est qu'une connaissance du biologiste. La détermination au contraire implique un pouvoir positif et dynamique du tissu lui-même, qui manifeste bientôt, par sa différenciation, qu'il obéit activement à un thème formatif. Le schéma confond les deux « pouvoir », en les assimilant l'un et l'autre à l'énergie « potentielle » d'un corps physique à une certaine hauteur, et perdant progressivement cette énergie à mesure qu'il descend.

Pourtant, le côté positif de la détermination apparaît avec évidence par la création d'une forme *plus complexe* que la forme primitive. Fournir un thème à un artiste, c'est peut-être d'une part l'empêcher de travailler sur un autre thème qu'on *aurait pu* lui fournir, mais c'est sûrement, d'autre part, lui donner quelque chose qui guide effectivement son effort d'invention. L'emploi spontané, par le biologiste, du mot « ébauche », emprunté à l'art, pour désigner les stades primitifs d'une différenciation, prouve qu'il ne



peut s'en tenir, devant les faits, à l'image d'une bille qui *perd* de la hauteur, et qu'il recourt plutôt à l'image d'un dessin qui *gagne* de la précision. Un embryon esquisse un « bâti » abstrait et thématique : axe de symétrie bilatérale, direction céphalo-caudale ou dorso-ventrale. Le système nerveux, destiné à devenir plus complexe qu'un Central téléphonique, ressemble d'abord à une simple gouttière, puis à un tube. La main humaine ressemble d'abord à une palette, où les bourgeons de doigts sont tous semblables. La chute d'une bille est une dégradation de l'énergie, une diminution d'information, une augmentation d'entropie ou de désordre, tandis que la succession des déterminations est une augmentation d'information et une création d'ordre structural.

### Détermination et déterminisme.

D'autre part, le schéma de la bille risque de donner à la détermination un aspect tout à fait trompeur de déterminisme mécanique. Le développement n'a certes pas davantage un aspect de « liberté ». Il obéit à des règles précises ; l'embryologie est une science, et le biologiste peut prévoir en gros les comportements d'une aire embryonnaire ou d'un greffon. Mais il n'est pas davantage conforme, dans son allure, au schéma des systèmes physiques soumis au déterminisme. Ce qui fait son immense intérêt, est justement qu'*il ne rentre ni dans la catégorie « liberté », ni dans la catégorie « déterminisme »*. Il y a liberté (théoriquement) quand un être $x$, dans une situation donnée, invente, improvise un comportement approprié, mais non rigoureusement déductible à partir de la situation. Il y a déterminisme (théoriquement), quand, des positions et mouvements d'un groupe de particules on peut déduire rigoureusement les positions et mouvements de ce groupe pour n'importe quel instant ultérieur. Le schéma de la bille, en apparence, n'est pas un schéma déterministe car, de la position de la bille au sommet du cône, on ne peut déduire la direction de sa chute. Mais, dans l'esprit des biologistes orthodoxes, la chiquenaude orientante est donnée par

un inducteur chimique, et l'action de l'inducteur, *plus* la réaction du tissu, est censée expliquer complètement la morphogénèse. Nous sommes donc bien dans le schéma déterministe : la situation présente (ici l'état chimique de l'inducteur, *plus* l'état chimique du tissu), est déterminante, sans résidu, de la situation suivante. Seulement, si prompts que soient les embryologistes à postuler théoriquement un crypto-déterminisme, jamais, dans leur pratique réelle, ils ne considèrent en fait la situation, c'est-à-dire l'état de l'organisme en un instant donné, à la manière dont un astronome considère la situation des planètes dans le système solaire, pour calculer les positions ultérieures ; jamais non plus ils ne considèrent en gros la situation physico-chimique à la manière d'un savant qui compte statistiquement sur le résultat connu de telle réaction ; jamais enfin ils ne considèrent la situation comme celle d'une machine structurée ou d'un champ de forces dont ils pourraient calculer le fonctionnement ou les effets. L'embryologiste parle d'un système coordonné d'ébauches ; il en prévoit le sort ultérieur par analogie avec les organismes de même espèce, et, s'il intervient dans le développement, ce n'est pas du tout à la manière d'un chimiste qui introduit un corps nouveau ou une variable physique nouvelle dans le cours d'une réaction. La facilitation de la chute de la bille d'un palier à l'autre pourrait assez bien figurer l'action d'un catalyseur. Elle représente très mal l'action d'un inducteur biologique, et plus mal encore la différenciation conséquente qui va de forme à forme, de la forme ébauchée à la forme achevée.

### Formes thématiques et systèmes déformables.

On ne comprend pas le développement et les phénomènes biologiques en général, tant que l'on n'a pas rejeté le postulat, emprunté tel quel à la physique classique, selon lequel une forme n'est qu'un ensemble de positions coordonnées par des liaisons de proche en proche. Même les biologistes conscients de l'insuffisance de la physique classique, en biologie, n'ont pas toujours vu clairement où gisait l'erreur. On peut en



effet aisément imaginer des modèles mécaniques « déformables », c'est-à-dire dans lesquels la même forme, ou une forme analogue, est gardée à travers une série de modifications provoquées par une action locale, comme si un thème formel dominait les positions possibles. Le pantographe en est un exemple.

Considérons maintenant, dans l'ordre biologique, un exemple apparemment analogue à celui du pantographe, que nous empruntons à H.J. Jordan (1), celui des formes déterminées que prennent les feuilles de la sagittaire sous l'action d'une cause simple. Sous l'eau, la plante porte des feuilles lancéolées ; les feuilles émergées sont en forme de flèche. L'analyse causale montre que la cause principale de cette différence est la lumière. Peu intense, elle produit des feuilles lancéolées, intense, des feuilles en forme de flèche. Si les parties des organes végétaux étaient indépendantes, une cause aussi simple ne pourrait que détruire l'ordre statique donné, c'est-à-dire produire un chaos. « Dans la feuille, d'un ordre donné, il sort toujours un autre ordre » (2). Le cas est-il le même que celui du pantographe ? Evidemment non. Dans la feuille et dans l'organe en général, la réaction globale à une action locale, le caractère « de forme à forme », et non « de position à position », du développement, n'est pas dû à des liaisons mécaniques, mais bien « au déclenchement de certains mouvements complexes et harmonieux » (3).

### Formes thématiques et champs a régulation.

Mais beaucoup de théoriciens, notamment sous l'influence de la Gestalt Theorie, ont cru qu'en substituant un mode de liaison dynamique (par exemple des forces s'équilibrant dans un champ) au mode de liaison mécanique, ils pouvaient perfectionner ces modèles d'une façon décisive, et comprendre le thématisme.

(1) H.J. Jordan, *Indéterminisme vital et dynamisme causal.* (Rech. Philos. II, p. 130).
(2) *Ibidem*, p. 29.
(3) *Ibidem*, p. 30.

Soit par exemple un des faits les plus extraordinaires découverts dans le développement : le *dédoublement* d'une ébauche ou la *fusion* de deux ébauches. On sait depuis Driesch que si l'on isole, dans l'œuf d'oursin en division, une des deux premières, ou même une des quatre premières cellules, cette moitié ou ce quart, destiné normalement à fournir une moitié ou un quart d'embryon, régule, et fournit un embryon entier, harmonieux et seulement plus petit. Driesch a décrit sa stupéfaction devant sa découverte : « Je notai, le soir du premier jour de l'expérience, que le demi-embryon hémisphérique reprenait la courbure d'une sphère complète de plus petite taille, et le lendemain matin, il y avait une blastula complète. Mais j'étais tellement prévenu... que je m'attendais encore, le jour suivant, à découvrir une demi organisation, un demi tube intestinal, un demi anneau mésodermal. Mais la gastrula se développa comme animal entier, et elle fournit une larve petite, mais entière et typique. » Inversement, si l'on accole deux œufs entiers, l'ensemble fournit un embryon unique, simplement plus gros que l'embryon normal. Au cours du développement ultérieur, de même, si un accident ou une expérience supprime, entre les ébauches de deux organes pairs, les tissus intermédiaires, et si les deux ébauches viennent ainsi en contact précocement, elles ne fournissent qu'un organe unique au lieu des deux organes normaux.

Le modèle à pantographe ou à triangle déformable de Jordan ne peut expliquer de tels faits. Mais si l'on considère un système physique à liaison dynamique, par exemple un champ électrique sur un condensateur, ou un champ magnétique, ou une bulle de savon, ou un cristal liquide, on peut croire constater des faits analogues de fusion ou de dédoublement, bref, de conservation du thème formel. Les embryologistes en baptisant « phénomènes de champ » — *field phenomena* — toutes les régulations thématiques, font allusion à des champs physiques de ce genre, sans voir qu'il n'y a pas grand rapport entre la simple distribution régulière de substances ou de forces, et la possibilité de maintien d'une forme complexe dans



toutes les parties d'un champ organique. Les biologistes, dit Waddington (1) usent de la notion de « champ » comme d'une sorte de « joker » par quoi presque tout peut être expliqué. C'est que la notion a été pour eux le moyen d'introduire le thématisme, mais sans s'en rendre compte, et en s'imaginant adopter un modèle physique.

### Les cristaux liquides.

Laissons de côté les modèles par trop simplistes du genre « bulle de savon », ou « champ magnétique ». Mais les cristaux liquides, dans lesquels les molécules

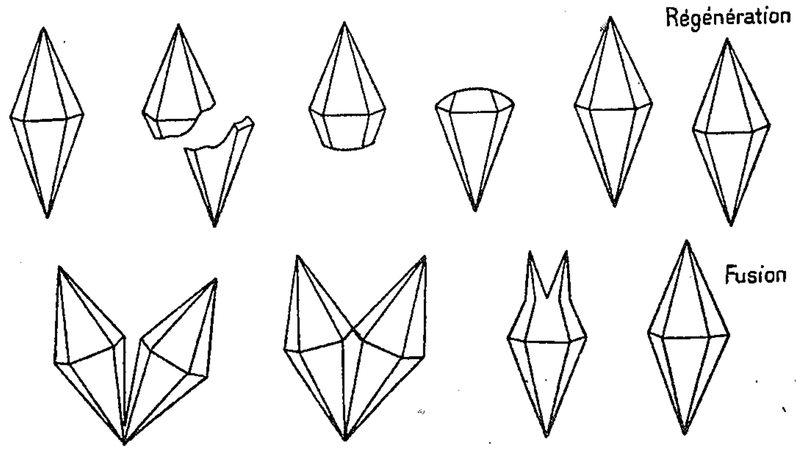


Fig. 7

sont orientées dans une seule direction, et non dans trois comme les cristaux ordinaires, offrent plus d'intérêt, car, nous le verrons, ils peuvent être mieux qu'un « modèle ». Ils existent certainement dans les cellules vivantes (2). Or, les cristaux liquides, par

(1) C.H. Waddington, *Principles of embryology*, p. 17 et 23. Mais Waddington ne se prive pas lui-même d'employer ce « joker ».

(2) Cf. Needham, *Order and life*, p. 157 et Bonner, *Morphogenesis*, p. 45

exemple d'oléate d'ammonium, peuvent, s'ils sont brisés, régénérer deux cristaux plus petits ou, s'ils sont accolés, ils peuvent fusionner et fournir un seul gros cristal. Le parallélisme avec les expériences de Driesch est frappant. Celui-ci a été stupéfié par ses expériences, au point, pour employer l'expression familière, « qu'il n'en est pas revenu ». Pareil à un homme converti par la vue d'un miracle, il est passé, de la science positive, sinon à la foi religieuse, du moins à la foi philosophique en un principe transcendant. Si les modèles de cristaux liquides sont valables, la « stupeur » a été mauvaise conseillère.

Or, il y a de bons arguments en leur faveur. Beaucoup de fusions organiques dépendent, apparemment, de facteurs d'orientation qui sont d'ordre physique. G. Teissier a fusionné des larves d'hydraires : la réussite de la fusion dépend du parallélisme des axes antéro-postérieurs. Les monstres bi- ou multi-composites instables, que Fauré-Frémiet obtient chez le cilié *Urostyla*, ressemblent étrangement aux cristaux d'oléate d'ammonium en cours de fusion (1). Surtout, l'œuvre de R.G. Harrison est sur ce point impressionnante, car il a essayé d'interpréter par le modèle cristallin la détermination elle-même, qui, si ses conclusions étaient vraies, ne serait plus thématique, ou du moins ne serait plus thématique qu'à la manière d'un ordre physique. La détermination d'un membre, nous l'avons vu, se fait par étages. En transplantant, et en intervertissant à des stades différents sur l'axolotl, les disques représentant les futurs membres, on s'aperçoit que la détermination de l'axe antéro-postérieur est plus précoce que la détermination de l'axe dorso-ventral, et celle-ci plus précoce que la détermination de l'axe médio-latéral. A un certain moment, par exemple, si l'on intervertit l'axe antéro-postérieur en retournant sur place le disque, il fournit un membre avec un coude pointant vers l'avant au lieu de pointer vers l'arrière, alors que, si l'on intervertit les autres axes, par transposition du côté gauche au côté droit, en gardant le sens antéro-postérieur, le membre se développe normalement. La vésicule auditive qui donnera l'oreille, se développe d'une manière analogue: l'ébauche est d'abord indifférente aux directions. Puis,

(1) FAURÉ-FRÉMIET, *Symétrie et polarité chez les ciliés* (Bull. biolog. 79, p. 106-150.



les trois axes se déterminent successivement, dans le même ordre que pour les membres. D'autres biologistes ont montré qu'il en était encore de même pour la queue, pour le rein primitif, et même pour l'ébauche neurale, où l'axe antéro-postérieur est fixé avant les autres. Que des systèmes aussi différents se développent dans le même ordre, cela semble indiquer que cet ordre dépend de facteurs physiques simples, par exemple de l'orientation d'éléments ultra-microscopiques, qui cristallisent dans les tissus en passant de l'état isotropique d'un liquide, à l'état de mésoforme, ou de réseau cristallin à un, puis à deux, puis à trois axes. C'est d'autant plus vraisemblable, malgré l'échec des tentatives de vérification directe par diffraction de rayons X qu'au moment des périodes critiques de passage d'une détermination à l'autre, surtout dans l'ébauche auditive, il se produit beaucoup de dédoublements en miroir, comme dans les cristaux. Comme si, dit Harrison, « le tissu transplanté ne savait que faire » (1) Bernal a souligné plus généralement que les cristaux liquides, ou les mésoformes, peuvent aisément jouer le rôle de proto-organes, car d'une part étant liquides, ils ne sont pas impénétrables et permettent des réactions chimiques et des substitutions continues de molécules, d'autre part, ayant une structure qu'ils conservent, ils passent aisément à la structuration complète de vrais organes.

### ORGANISME ET CRISTAUX.

Cependant, il ne faudrait pas se faire trop d'illusions à propos des cristaux liquides, non plus qu'à propos des formes dynamiques du genre « bulle de savon » ou « répartition des charges électriques sur un condensateur ». L'organe complètement développé ne ressemble pas du tout à un cristal. Il est possible, et même probable, que les stades primitifs de formation organique se confondent avec des formations cristallines, ou du moins en tiennent compte dans leur progrès thématique vers la structure typique. Mais le point d'arrivée : une patte, une oreille, un rein, un système nerveux, non seulement ordonné comme un cristal, mais structuré comme un outil capable de travailler, montre à l'évidence que le thème n'est

(1) R.G. HARRISON, *Relations of symetry in the developing embryo* (cité par BONNER, *Morphogenesis*, p. 219.).

pas seulement un ordre. Il y a des cristallisations dans les organismes. Bien plus, les spicules des Diatomées, des Radiolaires, des Eponges, sont souvent de véritables cristaux quant à leur texture, comme le montre l'examen à la lumière polarisée. Mais il est extrêmement frappant, comme le remarque d'Arcy Thomson, pourtant à l'affût de tout ce qui, dans l'organisme, peut s'expliquer par des structurations d'ordre physique, que la forme extérieure de ces spicules ne soit pas conforme aux contours cristallins orthodoxes.

Les formes des spicules de Foraminifères, faits de carbonate de calcium, « ne ressemblent à aucune des formes de cristaux de calcite ; elles semblent avoir été sculptées *dans* un cristal ; ce sont en fait des cristaux contraints, des cristaux croissant pour ainsi dire dans un moule artificiel » (1). Des organismes appartenant à des groupes très différents, utilisant des matériaux chimiques très différents (silice, carbonate, sulfate de strontium), forment des spicules ou des squelettes de forme presque identique, preuve que la forme totale ne résulte pas, comme dans les cristaux, de la forme des molécules. Les coquilles de certains Radiolaires, en dodécaèdres, ou en icosaèdres, sont des formes cristallines « impossibles ». Le moule « artificiel », la force antagoniste des forces de cristallisation n'est-elle que la tension superficielle ou l'énergie de surface entre le cristal et le protoplasme des vacuoles et intervalles cellulaires ? Mais comme l'ont montré K. C. Cole, E.N. Harvey, et d'autres, les forces de tension superficielle sont tout à fait insuffisantes quantitativement ; elles n'ont un rôle, très minime, que relativement à un squelette solide donné d'abord ; elles ne peuvent pas plus expliquer ce squelette que la tension d'une lame d'eau savonneuse n'explique la boucle de fil de fer sur laquelle elle s'étend.

Comme l'a souligné Bonner, (2) « le fait que, de génération en génération, une éponge fait une forme bien définie et compliquée de spicules, est totalement inexpliqué ». Et surtout, une patte, une oreille, un rein est encore, bien plus qu'un spicule, éloigné d'un

(1) *Growth and Form*, 1942, p. 679
(2) *Morphogenesis*, p. 43.



cristal. Qu'à un moment très primitif, un réseau méso- ou para-cristallin leur ait servi de canevas, cela ne les explique pas plus que la trame d'une tapisserie n'explique ses dessins. Un ordre homogène, par rangement monotone de constituants identiques, n'explique pas un ordre articulé dont toutes les parties, généralement dissemblables, sont « signifiantes » les unes pour les autres, et dont la formation, au surplus, est articulée et thématisée dans le temps aussi bien que dans l'espace.

La confrontation de l'organisme avec un cristal a surtout pour intérêt de montrer clairement en quoi la formation organique ne ressemble pas à une formation cristalline. La croissance d'un cristal s'opère essentiellement par des forces de proche en proche entre molécules, les rangeant les unes près des autres d'autant plus vite qu'elles sont attirées par un plus grand nombre de faces. Il n'est pas nécessaire de faire appel à une force formative totale, dominante, pour expliquer la forme résultante du cristal.

Il en est de même pour les systèmes produits par la tension superficielle ou par des équilibres dans un champ de forces. La forme d'une chaînette, d'une bulle de savon, d'un champ magnétique, est bien « une », mais elle n'a l'unité que d'une résultante, calculable en général selon le principe de moindre action. L'équivoque fondamentale des innombrables théories de la totalité et du Gestaltisme, c'est qu'elles confondent deux genres d'unité possibles d'un système : l'unité par interliaisons horizontales de proche en proche entre éléments, et l'unité par thématisme vertical, par liaisons hiérarchisées. Le modèle de cette unité ne peut être ni un cristal, ni une bulle de savon, ni une machine toute construite et fonctionnant, il ne peut être qu'un agencement actif, selon un thème, faisant converger des éléments disposés progressivement de mieux en mieux, mais toujours selon une simultanéité idéale, sinon actuelle et permettant ensuite — mais ne se réduisant pas à — un cycle de fonctionnement.

Le rôle même, au début du développement, des « ordres » de proche en proche, des gradients, des

polarités, prouve la présence d'une unité « transversale ». Une pente n'est telle que pour un promeneur ou un ingénieur utilisant la pente. Aucune des mottes de terre ne sait rien de la pente, elle ne connaît que la pesanteur sur place.

### Les cycles de fonctionnement a régulation.

Les biologistes contemporains, surtout depuis l'essor de la cybernétique, sont beaucoup moins tentés pour réduire le mystère de la morphogénèse, de recourir au modèle « bulle de savon » ou au modèle « cristal » qu'au modèle « fonctionnement à régulation ». Tout fonctionnement est cyclique, en ce sens que, sauf usure, il peut revenir à son point de départ. Ainsi, une roue, un pantographe, ou un piège (par exemple une souricière à ressort). Le piège, après avoir fonctionné peut être remis en état, et retendu. Dans ce dernier cas, le cycle n'est pas autonome, et il faut l'intervention humaine pour remonter le ressort du fonctionnement. Mais le cycle peut être rendu dynamiquement autonome. Une mitrailleuse fonctionnant par emprunt de gaz, un moteur à explosion commandant lui-même l'ouverture ou la fermeture des soupapes, l'arrivée d'essence, l'étincelle, en sont des exemples. Un pas de plus, et le cycle dynamiquement autonome peut être rendu auto-régulateur par un système dit en *feed back*, par un circuit auxiliaire qui enregistre les effets obtenus par le fonctionnement du cycle principal, et réagit, selon son montage en réintroduisant ces effets comme cause régulatrice dans le cycle principal. Ainsi un thermostat, une machine à vapeur avec régulateur de Watt, etc. Le cycle auxiliaire peut même enregistrer les effets produits sur un objet extérieur, recevoir de véritables « informations », et être capable, non seulement de régler un fonctionnement, mais de poursuivre un certain effet-résultat : ainsi, un canon équipé d'un radar de correction de tir sur but mobile.

Un cycle de ce genre paraît concilier le mode : liaisons et causalité de proche en proche, avec le mode : action, et liaisons unitaires. Dans le cheminement le long d'un cercle, toute cause est en même temps effet, par suite du bouclage ; chaque point est à la fois origine et terme, et toute perturbation locale modifie le tout. C'était déjà le cas dans un système dynamique aussi banal qu'une bulle de savon. Mais ici, le fait nouveau est que l'action totale atteint un résultat défini, auquel elle parait subordonnée. Un tel cycle donne même aisément l'impression d'une sorte de « survol » conscient, finalisé, et intelligent. Un thème unitaire parait dominer le fonctionnement, se subordonner à la fois les dépenses énergétiques et les déformations articulées des structures.



L'impression est encore plus forte lorsque dans des systèmes dits « ultrastables » comme l'homéostat d'Ashby, (1) plusieurs circuits en *feed back* sont coordonnés entre eux et paraissent capables de rechercher et même d'improviser non seulement un équilibre donné malgré les perturbations extérieures, mais des moyens divers pour atteindre cet équilibre.

Les cycles de fonctionnement à régulation sont certainement très importants dans la physiologie, la psychologie et la sociologie. La vie organique d'un adulte comporte beaucoup de systèmes homéostatiques : la régulation du sucre, de l'eau, du calcium, de la température, s'opère par *feed-back* lents, mettant en jeu le système nerveux autonome et les glandes endocrines. Le comportement psychologique aussi, en grande partie, se régule de la même manière : nos actions sont dirigées, par feed-back rapides du système nerveux central, et par des sensations informantes : En outre, les *feed-back* de comportement sont subordonnés aux homéostasies organiques, le besoin servant d'« ambocepteur » entre les deux sortes de *feed-back :* nous avons plaisir à manger, et nous recherchons la nourriture, tant que nous sommes affamés (2).

(1) W. Ross Ashby, *Design for a brain* (1952).
(2 )R. Ruyer, *La cybernétique et l'origine de l'information* (Flammarion 1954).

### Morphogénèse et mise en place des cycles.

Mais il est clair qu'un cycle de fonctionnement ne peut expliquer la morphogénèse, c'est-à-dire la *mise en place* des éléments du cycle. Une fois la mise en place effectuée, chaque élément du cycle peut n'agir que par poussée mécanique sur l'élément voisin. Mais il ne faut pas s'imaginer que l'on a ainsi un moyen d'expliquer la mise en place morphogénétique par la causalité mécanique.

Une fois qu'une chaîne de fabrication automatisée a été mise en place dans une usine, il est vrai que des machines fabriquent presque d'elles-mêmes d'autres machines, mais encore faut-il que tout ait été mis en place. Or, la formation embryologique est une *mise en place* des organes des homéostasies et des automatismes organiques. La nécessité d'un « verticalisme » est ici évidente, et d'autant plus que la morphogénèse met en place les éléments d'un futur cycle dans des aires distinctes et éloignées.

Les ébauches du pancréas secréteur d'insuline, du foie stockeur de glycogène, des muscles consommateurs de sucre, du système nerveux et des organes du goût qui permettent la recherche de la nourriture, se développent dans une indépendance relative, et simultanément.

L'œil de l'escargot, par exemple (1), non accommodant, possède une lentille sphérique et rigide. Pour fournir un œil accommodant, il faut que cette lentille devienne molle, et s'enferme dans une capsule tendue par des filaments. Ces filaments doivent se fixer à la paroi oculaire, là où s'insère un muscle qui prend son point d'appui plus en avant et qui, en se contractant, peut raccourcir les filaments et dilater la capsule. Ce muscle doit être commandé par un nerf qui doit être lui-même commandé par un centre (corps quadrijumeaux), où le nerf optique envoie des fibres, sans quoi il n'y aurait pas accommodation réglée en *feed back* selon la distance de vision. La mise en place de cette chaîne d'« ambocepteurs » doit se faire verticalement

(1) Exemple développé par H.J. Jordan.



ou pas du tout. Nous ne disons pas qu'elle doit se faire instantanément et miraculeusement. En fait, elle s'est perfectionnée au cours d'une longue évolution. Mais nous disons que le perfectionnement doit porter sur *l'ensemble* du cycle. *Le fait qu'il fonctionne, une fois formé, par actions de proche en proche, implique justement qu'il n'a pu se former ainsi.* Prétendre le contraire, est comme de dire — selon la plaisanterie qui ravissait André Gide — que l'inventeur du bouton a dû rencontrer un jour l'inventeur de la boutonnière.

Un individu adulte et même un jeune enfant est capable d'accommoder, puisqu'il a tous les organes pour cela, comme un oiseau est capable de voler, puisqu'il a des ailes et un système nerveux aux *feed-back* adéquats. Ceux qui tiennent, encore aujourd'hui, à souligner que l'oiseau « vole *parce qu'il* a des ailes », ne doivent pas oublier d'ajouter qu'il n'a des ailes qu'après se les être faites lui-même dans une mise en place « verticale », qui reprenait toute la morphogénèse spécifique.

### Morphogénèse spécifique et morphogénèse individuelle.

Si l'on considère la morphogénèse, non seulement dans la formation individuelle, mais dans la formation des espèces, si l'on suit pas à pas, d'une espèce à l'autre, selon leur filiation probable, le perfectionnement des organes, son aspect thématique est apparent. On voit les cycles de fonctionnement s'élargir progressivement, s'annexer des cycles auxiliaires, étendre progressivement leur contrôle, bref, se perfectionner à la manière d'une invention technique humaine — toujours selon leur sens et leur rendement global. Les organes « en l'air », non rattachés à un cycle, sont rarissimes, et s'expliquent comme résidus d'anciens cycles. Les théories dites de l'orthogénèse, au sens psycho-lamarckien, les conceptions philosophiques du type « évolution créatrice », enregistrent cet aspect de l'invention vitale au cours de l'évolution, ce qui, logiquement, conduit à interpréter la morphogénèse individuelle, à chaque génération,

comme une œuvre à la fois de mémoire et d'invention. Non que chaque embryon individuel doive répéter les formes ancestrales, ou même les formes embryonnaires ancestrales. Mais il est au moins logique de penser que la morphogénèse individuelle doit être assez solidaire de la morphogénèse de l'espèce pour que les procédés de formation des organes soient influencés par la manière dont les organes ont été inventés dans les morphogénèses individuelles précédentes.

C'est bien ce que l'on constate en effet. Les premiers stades du développement sont étonnamment semblables dans les ordres les plus variés. Les thèmes primitifs, les schémas des organes apparaissent comme à nu dans l'embryogénèse d'un animal supérieur. De l'état unicellulaire, il passe à l'état de colonie cellulaire sphérique, puis apparaissent un axe de symétrie bilatéral, une tête et une queue, un tube neural, un tube digestif, des segments, etc...

Seulement, la biologie évolutionniste, depuis Darwin, refuse en général de considérer la morphogénèse des espèces comme une invention thématique. Pour les Darwinistes contemporains, cette morphogénèse des espèces s'explique comme une accumulation de mutations fortuites. Le caractère approximativement harmonieux des organismes résulte, d'une manière toute négative, de l'élimination des mutations incompatibles avec la survie. Ce n'est pas notre propos de discuter ici le Darwinisme et le sélectionnisme (1). Voyons seulement ce que devient alors, dans cette perspective, la morphogénèse individuelle. Elle pose évidemment un problème très embarrassant au sélectionnisme. Si chaque nouvel être, à chaque nouvelle génération, était produit par une sorte de calquage, tout serait clair. Il est *possible* que les choses se passent à peu près ainsi pour les virus : comme ils se reproduisent par division, toute mutation structurale est naturellement transmise. Mais il n'en est pas de même pour les multicellulaires, qui doivent

(1) Nous l'avons fait ailleurs. (Cf. *Néo-Finalisme*, chap. XVI et XVII (P.U.F.). *Les Postulats du Sélectionnisme*, Rev. Philos., 1956).



reconstituer les formes adultes au cours d'une longue embryogénèse et qui le font, nous venons de le souligner, en partant de formes très schématiques. Si, par exemple, l'homme est un simien, *plus* des mutations, pourquoi l'homme-embryon est-il moins qu'un simien, et même moins qu'un poisson, ou moins qu'un vertébré ? Si la mutation est d'origine et de nature toute mécanique, toute « structurale » au sens étroitement spatialiste du mot, comment peut-elle rester virtuelle aux premiers stades de l'embryogénèse ?

### Mutations génétiques et transmutations atomiques.

La théorie génétique et chromosomique des mutations est censée répondre à cette difficulté : les chromosomes du noyau cellulaire, formés d'un empilement de gènes, doivent être considérés comme la clé, à la fois de l'évolution spécifique et de la morphogénèse individuelle. La forme adulte est strictement fonction des gènes de la cellule fécondée dont elle procède, les petites variations individuelles dues aux réactions du milieu n'étant pas transmissibles. Comme un gène est à peu près de la dimension d'un virus et ressemble à un virus par bien des traits, on peut dire que, dans cette conception, un organisme adulte, si complexe qu'il soit, n'est qu'une sorte d'effet-enveloppe du noyau chromosomique de sa cellule initiale ; ses formes ne sont qu'une énorme amplification commandée. La vraie reproduction, la vraie morphogénèse a lieu au moment de la duplication des gènes dans l'organisme de ses parents et l'ontogénèse n'est plus qu'une formalité. Nous sommes ramenés au cas de la reproduction par calquage.

On peut même comparer, selon la théorie, les formes visibles d'un multicellulaire adulte, d'un vertébré ou d'un homme, à l'enveloppe d'électrons d'un atome, les gènes jouant le rôle du noyau atomique. Si l'on parvient à modifier un noyau atomique par bombardement particulaire, plus précisément, si l'on modifie la charge du noyau, le noyau modifié s'enveloppe bientôt, par capture ou émission, de la garniture d'électrons correspondant à sa nouvelle charge. La

comparaison est d'autant plus valable que, selon beaucoup de biologistes, et surtout de physiciens, les mutations biologiques des gènes ont, comme les transmutations des corps simples chimiques, une irradiation pour origine. Selon cette hypothèse, les phénomènes biologiques (autres que la mort et les brûlures graves) qui ont suivi l'explosion atomique de Hiroshima, ses effets, d'abord inapparents, sur les cellules germinales des victimes, sont au fond de même nature que les phénomènes physico-chimiques qui constituaient cette explosion, et ils la prolongeaient. Les noyaux d'uranium s'étant coupés en deux par l'effet des neutrons, ces noyaux, après fission, changent d'espèce chimique, et reconstituent des atomes de baryum. Les Japonais irradiés, apparemment sans lésion grave, peuvent avoir subi des mutations dans les gènes de leurs cellules germinales, et ces gènes mutés, reproduits, et dirigeant la morphogénèse de la génération suivante, produiront des organismes à caractères nouveaux, amorce de nouvelles variétés biologiques. La transformation du Japonais I en Japonais II se fait moins vite, et elle est moins bruyante que celle de l'uranium en baryum ou en plomb, mais elle est de même sorte (1). L'arrangement du groupe d'atomes constituant les gènes, gouverne entièrement la forme de l'organisme, et les mutations de ce groupe d'atomes, les sauts d'un état à un autre état possible de ce groupe d'atomes, gouvernent entièrement les changements de formes des espèces. Les radiations solaires ou cosmiques depuis l'origine de la vie, jouent le même rôle que la bombe atomique pour les habitants d'Hiroshima.

### La théorie génétique combinée avec la théorie des cycles de fonctionnement.

Cette surprenante conception est rendue un peu moins invraisemblable par sa combinaison avec la théorie des cycles auto-régulés, car alors les gènes

(1) Cf. E. Schrödinger, *What is life ?* (Cambridge, 1948), p. 65.



n'ont pas à diriger l'édification de tous les détails innombrables de la structure adulte, ils commandent simplement la mise en place des cycles auto-régulés primaires qui ensuite se chargent d'eux-mêmes de tous les ajustements secondaires, à la manière de machines faites pour construire d'autres machines. Cette combinaison des deux théories est évidemment indispensable pour rendre compte du fait que la stabilité des organismes n'est pas la persévération inerte d'une structure, et que les changements des organismes, au cours de l'évolution, ne sont pas semblables aux modifications du bloc de marbre qui recevrait les coups de ciseau d'un sculpteur invisible. Les gènes sont des édifices moléculaires stéréotypés — jusqu'à la prochaine mutation — mais ils fabriquent des systèmes qui eux sont « ouverts », souples, en équilibre dynamique et non statique (1). Les gènes, en somme, dirigent la fabrication d'une sorte d'automate du même genre que l'homéostat d'Ashby, ou que les machines à information appliquées à l'« automation » d'une usine. De plus, ils ne manquent pas d'insérer, dans la machine qu'ils construisent, sous la forme d'une duplication de leur propre structure, des « instructions de construction » qui permettront à la machine de refaire la même opération et ainsi de suite, jusqu'à ce que les irradiations atomiques, en modifiant les « instructions », modifient toute la suite de ces constructions en chaîne.

### Raisonnement de Von Neumann.

Von Neumann (2) a montré qu'il n'y a là aucune contradiction logique : « Le problème de l'auto-reproduction peut être énoncé ainsi : Peut-on construire un agrégat (fait d'éléments de machines), de telle

(1) Cf. Prigonine, H.G. Bray et K. White,. *Organisms as physico-chemical machines*, p. 74.
(2) *The general and logical theory of automata*, in *Cerebral mecanisms in behaviour* (Hixon Symposium, 1951), p. 25 sqq. Nous avons exposé et discuté plus longuement le raisonnement de Von Neumann dans *Les postulats du sélectionnisme* (Revue Philosophique, 1956).

manière que, si l'on place ensuite cet agrégat dans un réservoir où flottent tous ces éléments en grand nombre, le premier agrégat commencera à en construire d'autres, dont chacun à la fin sera un autre automate exactement semblable à l'original ? C'est réalisable » (1). Une espèce vivante, à un moment donné, est ainsi pareille à une chaîne dans une usine où se fabriqueraient des automates, usine où « l'automation » serait tellement perfectionnée qu'il n'y aurait plus un seul ouvrier. Et l'ensemble des espèces, dans les temps géologiques, est pareil à un ensemble de chaînes dont les « instructions » se seraient modifiées accidentellement d'elles-mêmes, à partir d'un état primitif, ou d'un cycle de fonctionnement aussi simple qu'une réaction chimique.

Il n'y a là, en effet, aucune contradiction logique : on ne voit pas pourquoi il serait plus irréalisable d'introduire l'« automation » dans une usine fabriquant des robots que dans une usine d'automobiles, et pourquoi une machine ne pourrait reproduire des instructions de construction (sous forme, par exemple, de bandes perforées), qu'elle introduirait automatiquement dans une machine capable de fabriquer sur instructions, machine qu'elle fabrique elle-même, selon des instructions reçues.

### Rôle des gènes dans la morphogénèse.

Mais le raisonnement de Von Neumann, s'il est inattaquable au point de vue logique, repose sur une hypothèse biologique fausse, à savoir que les gènes dirigent la morphogénèse individuelle, de la manière dont les « instructions » et les « programmes » dirigent entièrement le fonctionnement d'une machine à calculer. Aucun des adeptes les plus optimistes de la théorie génétique n'oserait affirmer aujourd'hui que la formation embryonnaire est *directement* fonction de la commande génétique. Les gènes agissent sur la morphogénèse, selon des recherches récentes (2),

(1) *Op. cit.*, p. 28.
(2) Cf. J.B.S. Haldane, *The biochemistry of genetics*, 1954.



par l'intermédiaire de substances chimiques, souvent suppléables. Parfois, ils semblent fabriquer directement des substances organiques, par exemple des pigments ou des enzymes dont l'absence peut perturber une structuration, et dont la présence permet ou évoque, comme une hormone ou un inducteur, certains développements. C'est ainsi que la constitution génétique détermine le sexe, à moins que l'expérimentateur n'introduise une autre hormone ou un autre inducteur pour corriger cette détermination. Mais *évoquer* n'est pas *informer*. Du moment que les gènes agissent par l'intermédiaire de substances chimiques relativement simples et remplaçables, il est exclu qu'ils puissent être assimilés aux « instructions sur bandes perforées » communiquées à un automate. Le raccord de la génétique à la morphogénèse ne subsiste plus, dans l'esprit des biologistes, qu'à l'état d'une sorte d'espérance résiduelle et en fait inefficace. Des mathématiciens comme Von Neumann, et des physiciens comme Schrödinger, en prenant cette espérance atténuée au sérieux et en la présentant crûment, n'ont fait que souligner son inconsistance. Il est expérimentalement certain que l'absence ou la mutation d'un gène peut *perturber* un développement, comme l'absence d'un matériau ou la modification d'un outil peut perturber la construction d'une maison. Mais il est impossible d'en conclure que la *présence* du matériau ou de l'outil explique la construction. On ne peut soutenir que le progrès de la morphogénèse, d'une molécule-virus à l'homme, s'explique par l'accumulation de fautes de copiage des « instructions » dans la fabrication automatique d'une machine automatique par une machine automatique.

### La morphogénèse individuelle et l'évolution spécifique.

L'effort pour lier la morphogénèse individuelle et la morphogénèse des espèces par la génétique se solde par un échec indiscutable. On ne s'est pas toujours clairement rendu compte qu'il y a pourtant solidarité inévitable des théories de l'évolution et des théories

de l'embryogénèse, et que c'est la théorie embryologique qui doit commander la théorie de l'évolution. Si la formation d'un nouvel individu ne peut s'expliquer par la « commande » génétique, comment continuer à admettre que la formation des espèces s'explique par l'accumulation des seules mutations génétiques ? L'évolution d'une espèce n'est, après tout, que l'ensemble des formations individuelles, de l'espèce 1 à l'espèce 2. Ce qui est faux pour chaque génération ne peut miraculeusement être vrai pour l'ensemble de toutes les générations. La solidarité nécessaire des deux morphogénèses doit donc être interprétée d'une tout autre manière, et l'on est ramené à un autre type de solidarité par l'invention et la mémoire, le même thématisme actif expliquant la reproduction par son aspect mnémique, et la création progressive d'une nouvelle espèce par son aspect inventif.

De Beer (1) utilisant les travaux de Garstang et de Bolk, a fortement souligné le caractère mythique d'une morphogénèse des espèces vaguement imaginée comme distincte des morphogénèses individuelles et agissant comme « cause » sur le déroulement de celles-ci, qui se borneraient à la récapituler. C'est bien plutôt, à l'inverse, la morphogénèse individuelle qui doit inventer les modifications spécifiques : « L'ontogénèse ne récapitule pas la phylogénèse, elle la crée » (2). Si l'on ne peut accepter l'interprétation de l'ontogénèse par l'analogie avec un calquage, *plus* des erreurs de calquage, il ne reste d'autre solution que par l'analogie avec la notion, empruntée à la création esthétique, de « thème et variations ».

Simple comparaison sans doute, et l'on ne fait pas de science avec des comparaisons. Mais il est encore plus anti-scientifique de refuser toute valeur à cette comparaison, car cela revient à admettre la convergence, ou la mise en prolongement miraculeuse, de deux modes de développement dont les principes pourtant n'auraient rien de commun.

(1) *Embyos and Ancestors*, 1940.
(2) Garstang.



## Evolution mécanique et évolution consciente.

Si le développement de l'homme comme organisme et le développement de la culture humaine obéissaient à des principes tout différents, l'un étant le résultat aveugle d'erreurs de copiage et d'accidents génétiques, l'autre étant thématisé et consciemment orienté, comment l'un pourrait-il sortir de l'autre et le prolonger ? « Avec l'homme, écrit J. Huxley (1), une nouvelle méthode d'évolution est apparue, aussi différente de la méthode purement biologique de sélection naturelle de variants auto-reproducteurs, que cette dernière était différente de la méthode de la cosmologie inorganique... L'évolution est sur le point de devenir « internalisée », consciente, et auto-dirigée ». Nous admettons très volontiers qu'il est dangereux de vouloir trop vite trouver une unité dans les procédés de la nature. Il faut s'attendre à ne pas pouvoir assimiler complètement le développement culturel et le développement biologique. Mais cette règle de sagesse ne doit pas faire oublier une règle beaucoup plus impérieuse, et qui est de ne pas faire dériver l'une de l'autre deux natures incompatibles, et de ne croire qu'à la dernière extrémité aux émergences miraculeuses. Or, cette « internalisation » du développement et de l'évolution, cette prise en charge de l'évolution par la conscience, dont parle Huxley, serait bien une animation miraculeuse, la métamorphose magique d'une statue de marbre en une femme vivante. Si l'homme est un automate produit par une chaîne d'automatisme, s'il est une statue qui n'a même pas de sculpteur, il peut encore moins s'animer et, de produit fabriqué, devenir artiste. Il est peu vraisemblable que la nature aveugle ait édifié, sans conscience, une conscience capable de la dominer (2). Il est peu vraisemblable que les outils organiques dont l'homme se sert consciemment, dans un comportement dominé par des thèmes sensés, aient été édifiés en dehors de toute conscience. Il est peu vraisemblable

(1) *Evolution as a process*, p. 12.
2) Cf. E.W.F. Tomlin, *Living and Knowing*, p. 90.

que le système nerveux, instrument de l'auto-direction de l'évolution, soit d'abord le produit de millions de mutations par erreurs mécaniques de copiage. Les cycles des homéostasies organiques, des comportements et des techniques, ne peuvent être absolument hétérogènes ; la mise en place de leurs éléments ne peut ressortir à des principes qui seraient sans aucun rapport entre eux. Le développement « vertical » des cultures et des techniques — c'est-à-dire, malgré les innombrables hasards, rencontres, perturbations « horizontales », leur effort pour se perfectionner selon un thème d'ensemble — est la suite naturelle du développement vertical et thématique des organismes. Un cycle de fonctionnement, une homéostasie organique passe d'un état simple à un état plus complexe, ou parfois, comme dans la néoténie, revient à un état simple pour se compliquer dans une autre direction, mais toujours c'est le cycle dans son ensemble qui doit être donné. Les oiseaux primitifs n'avaient pas les mêmes procédés de vol que les oiseaux actuels, chez lesquels, comme J.B.S. Haldane l'a souligné, des *feed-back* stabilisateurs avec proprioceptions ont dû se montrer pour suppléer, dans l'équilibrage du vol, à la longue queue raide des ptérosauriens et de l'archéoptéryx. Mais les changements de la morphologie organique sont de même ordre que les changements de la technique : l'avion de Blériot était différent d'un Super-Constellation, mais il était un avion, et il volait.

## Chapitre II

# DE LA MOLÉCULE A L'ORGANISME

Si l'on admet le caractère thématique du développement organique individuel, si l'on admet d'autre part l'identité de la morphogénèse individuelle et de la morphogénèse de l'espèce, on semble être voué à la pure mythologie. D'où vient le thème formateur et à quel moment est-il intervenu dans les fonctionnements physiques ? L'origine de la formation « verticale », dans le développement individuel, c'est un œuf, ou une cellule « vivante » spécifique. Si différents par la forme que soient l'œuf et l'adulte, et si loin que soient les biologistes modernes de l'ancien préformationnisme, ils peuvent se rassurer en soulignant, comme Jean Rostand (1), que l'œuf possède une organisation extrêmement complexe. Son architecture ne préfigure pas l'organisme futur, mais c'est une architecture déjà organique, et le développement se fait donc de l'organique à l'organique. L'augmentation de complexité est mystérieuse, mais, au moins, elle n'est pas passage d'un mode d'être à un autre. Mais d'où vient la première cellule ? La morphogénèse des espèces, dans son ensemble n'a sûrement pas pour point de départ une cellule toute constituée, mais plutôt quelque chose qui devait ressembler à ce qu'est

(1) *Les grands courants de la biologie*, p. 162.

aujourd'hui un virus, une macro-molécule auto-reproductrice. Des virus aux animaux supérieurs, le développement thématique semble prendre naissance au niveau de la molécule chimique. La molécule a certes encore une architecture complexe. Mais quel rapport entre la complexité d'un édifice d'atomes unis par des valences chimiques, par des liaisons agissant, semble-t-il, de proche en proche et faisant ressembler la molécule à une sorte de Meccano dans lequel des pièces peuvent être enlevées ou ajoutées, ou remplacées par d'autres, et la complexité d'un être vivant, ayant une individualité fermée et des parties « organiques », c'est-à-dire analogues à des outils, avec un rôle et une fonction, non substituables, non isolables ? Une molécule fonctionne, semble-t-il, selon sa structure ; ses propriétés chimiques sont théoriquement déductibles de sa « formule développée ». Un organisme adulte, et surtout un organisme vieilli, fonctionne aussi selon sa structure acquise, mais, nous l'avons vu, un organisme jeune, et surtout un organisme en développement, ne peut, en bonne logique, être considéré comme fonctionnant. Comment alors, la *fonction-rôle* peut-elle prendre naissance à partir du *fonctionnement* moléculaire ? Comment un thème formateur individualisant peut-il partir de, ou venir s'insérer dans un édifice constitué, semble-t-il, par des liaisons bord à bord ?

### La tentation du vitalisme.

La tentation du vitalisme, ou de l'animisme, a des justifications beaucoup plus profondes que ne le pensent communément les mécanistes. Elle ne repose pas seulement sur l'imagination naïve d'une sorte de souffle vital s'ajoutant, dans l'être vivant, à la matière visible, comme le souffle de Yahvé au limon de la terre déjà modelé en forme d'homme ; elle repose sur l'intuition que les formes organiques ne sont pas de même nature que les formes physico-chimiques, qu'elles ne les prolongent pas, que leur mode de complexité est tout différent. C'était faute de connaissances scientifiques, notamment de connaissances



chimiques, que les biologistes cartésiens du XVII[e] siècle pouvaient être mécanistes. Eux aussi, comme les rédacteurs de la Genèse, s'imaginaient que la forme d'un animal pouvait être directement modelée, sinon par Yahvé, du moins par les lois de la nature physique.

Et pourtant, si une science plus avancée — et l'emploi du microscope — devait plutôt favoriser d'abord le vitalisme, une science plus avancée encore — et l'emploi du microscope électronique, ainsi que l'étude indirecte des structures sub-microscopiques — conduit nettement à des conclusions anti-vitalistes. La nature réalise ce qui d'abord paraît impossible ; elle fait sortir progressivement, comme par des tournants insensibles, les formes organiques des formes moléculaires. A aucun moment, aux yeux des savants qui suivent pas à pas ces tournants, des forces vitales n'apparaissent comme nécessaires. Citons un auteur qui fait autorité en cette matière (1). « La synthèse des composés de chimie organique a prouvé qu'il n'y a pas de différence fondamentale entre la matière vivante et non vivante. Or, les formations morphologiques, dans le monde sub-microscopique, présentent un cas exactement semblable. Ceux qui ont espéré trouver des principes formateurs spéciaux, étrangers au monde inanimé, dans ces invisibles régions, sont condamnés, par le résultat des recherches sur les substances naturelles à haut poids moléculaire, à un désappointement aussi grand que ceux qui, autrefois, ont cru à des forces vitales mystérieuses, qu'ils jugeaient seules capables d'édifier des composés organiques. Les forces formatives dans le protoplasme ne sont pas différentes de celles qui opèrent dans la nature inanimée. Il n'y a pas de preuve de l'existence de principes formatifs autres que les valences et les diverses forces de cohésion moléculaire de leurs divers *patterns* » (2). Au fond, ajoute Frey-Wyssling, cela ne doit pas nous surprendre car, dans le monde moléculaire, les propriétés chimiques de liaisons et les propriétés formatives sont indiscer-

(1) Frey-Wyssling, *Submicroscopic morphology* (1953).
(2) *Op. cit.*, p. 371.

nables. Dans une molécule, tout changement morphologique implique un changement chimique : matière et forme sont étroitement corrélatées.

Le monde organique ne fait que manifester le même grand fait : la forme n'est pas séparable de la matière. La matière vivante ne se présente jamais que formée, de même que la molécule de benzène ne se présente jamais, comme matière, que sous la forme de l'hexagone bien connu. Le benzène n'est pas une matière, amorphe, que viendrait « informer » la forme de l'hexagone, survenant comme une forme aristotélicienne ; il est cette forme même, qui à son tour dérive des modes de liaison du carbone et de l'hydrogène. De même, les formes biologiques sont dérivées sans hiatus des morphologies moléculaires. Nous ne savons pas encore comment les formes spécifiques visibles des cellules sortent de cette spécificité des réseaux moléculaires, mais certainement, des relations existent entre la morphologie moléculaire et la morphologie ou la morphogénèse organique comme l'indique déjà la chimie des enzymes ou la synthèse asymétrique des composés organiques. Le protoplasme n'est pas un liquide où flotteraient pêle-mêle et au hasard des particules isolées ; il a une structure, flexible et subsistante, où des centres actifs ne peuvent exercer leurs fonctions que s'ils sont reliés au réseau général, « comme des feuilles attachées à la branche et non comme des feuilles détachées et tournoyant dans l'air » (1).

Les faits semblent montrer cette transition qui nous paraissait inconcevable entre une structure de type « réseau moléculaire » et une structure de type « arbre », où des constituants, bien qu'assemblés par adjonction et répétition comme les feuilles sur une branche, jouent un rôle dans l'ensemble et ne peuvent être détachés.

(1) *Opus. cit.*, p. 373.



### Le principe de Frey-Wyssling.

Il y a là une sorte de scandale intellectuel. Car, si l'on cesse de considérer la zone du « tournant », du passage des macro-molécules aux formes organiques élémentaires, pour considérer le point d'arrivée de la morphogénèse organique : un animal supérieur, la différence, même strictement morphologique, éclate entre les formes de type « réseau moléculaire », et les formes de type « organe », telles que le cœur, l'œil, ou le poumon. Frey-Wyssling le reconnaît quand, soulignant que les processus compliqués de la chimie comme de la morphogénèse des êtres vivants, ne sont pas contrôlés par un principe vital, mais ne consistent qu'en d'innombrables réactions ou liaisons dont chacune est accessible à l'investigation causale, il ajoute : « Et pourtant, aucune interprétation mécaniste simple ne peut rendre raison de leur accord harmonieux et délicat, et de leur finalité... Les centres actifs du réseau protoplasmique s'arrangent selon un *pattern* souple qui semble guidé par une impulsion finaliste coordinatrice (1). »

La seule solution possible est, non pas de renoncer au principe du verticalisme, mais, au contraire, de l'étendre à la morphogénèse chimique elle-même. C'est ce que fait, implicitement, Frey-Wyssling en énonçant ce qu'il appelle un « axiome » et qu'il vaudrait mieux appeler un principe : « Le suprême axiome de la cytologie, à savoir que toute cellule dérive d'une cellule semblable, s'applique également, quoique dans un sens plus large, à la cytogénèse invisible et submicroscopique : « *Structura omnis e structura.* » Ce principe, il est aisé de le voir, n'est qu'une autre forme du principe de verticalisme.

### La microphysique et la biologie.

Mais cette interprétation de la micromorphologie appelle commentaire et précisions. Insistons d'abord sur ce que nous appellerons un véritable malheur

(1) *Opus. cit.*, p. 373.

provoqué par l'intelligence trop rapide et l'excès d'humour d'hommes comme N. Bohr, Jordan, et Eddington, ou, si l'on préfère, par la lenteur d'intelligence ou le manque d'humour de leurs commentateurs. N. Bohr, le premier, ayant clairement compris que la structuration de l'atome ne peut s'expliquer par les lois de la mécanique et de la physique classique, secondaires et dérivées relativement aux principes de la microphysique, a saisi l'intérêt de cette grande nouveauté pour l'interprétation de la vie. Les biologistes, malgré la grande envie qu'ils en ont, ne parviennent pas à rattacher les formes organiques aux « formations » physiques ordinaires. Mais cet échec de la physique classique est tout naturel. La physique classique ne s'occupe que de phénomènes de foule. La microphysique, au contraire, conduit naturellement à la biologie. A partir des phénomènes individuels de l'atome, on peut aller, en effet, dans deux directions. Leur accumulation statistique conduit aux lois de la physique ordinaire. Mais que ces phénomènes individuels se compliquent par des interactions « systématiques », tout en gardant leur individualité, au sein de la molécule, puis de la macromolécule, puis du virus, puis de l'unicellulaire en se subordonnant les phénomènes de foule, on arrive alors à l'organisme qui, si gros qu'il soit, reste en ce sens « microscopique ».

### La microphysique et la « liberté ».

Malheureusement, N. Bohr, P. Jordan, et surtout Eddington, au lieu d'en rester à ces indications justes et générales, en laissant aux micromorphologistes qui pourtant étaient déjà à l'œuvre, le soin de préciser le passage, mirent l'accent, plutôt que sur le problème morphologique, sur le problème « déterminisme-liberté », en confrontant directement atome individuel et organisme individuel, et même, spécialement, atome individuel et « homme hésitant sur une décision à prendre », et, comme disait par plaisanterie Eddington, « Monsieur se demandant s'il doit ou non rester célibataire ». Ce qui les intéressait et surtout intéressait leurs interprètes, c'était la « fissure du déterminisme », la possibilité laissée à quelque « atome-clé » de manifester l'action d'une idée directrice, de la volonté individuelle. Une telle confrontation directe appelle la critique, et même ne paraît pas sérieuse. Comme le dit avec raison R. Poirier (1) : « On voit mal la liberté humaine intervenant à l'échelle infra-atomique comme un homme qui pousserait du doigt les aiguilles d'une horloge... Si l'on en fait un petit gnome, il importe peu de savoir comment, sa décision prise, il pourrait agir sur la matière, et d'ailleurs, cette action trouverait tout aussi bien sa place dans la physique classique ; mais toutes les difficultés, toutes les antinomies de la liberté, se concentrent sur l'existence et la nature de ce petit être qui n'est que l'image en miniature de tout l'individu psycho-organique et en reprend tous les paradoxes. »



On peut ajouter que même la « solution » du problème de la « liberté » ou de l'a-causalité du vivant ne fait que rendre plus aigu le problème morphologique. Le transport de l'a-causalité microphysique au niveau de l'organisme visible implique, et n'explique pas, l'existence de structures compliquées pour garder et amplifier le phénomène microscopique individuel, et transformer le « saut quantique », présumé libre, jusqu'au niveau de la décision à l'échelle humaine.

### Molécules et micro-biologie.

Ces critiques portent, mais seulement sur une façon déplorablement malencontreuse d'exprimer une idée juste. Tout à fait indépendant de la querelle confuse déterminisme-liberté, se poursuit, il ne faut pas l'oublier, le travail patient des micromorphologistes sur la structure des gels, sur la morphologie fine du cytoplasme, des gènes et virus, sur les modes de leur auto-reproduction, sur les fibres macromoléculaires, sur les protéines contractiles : kératine, fibres musculaires ; sur les liaisons et changements

(1) *Revue Philosophique*, oct.-déc. 1954.

de liaisons chimiques qui expliquent leurs changements de forme.

D'autre part, surtout en Angleterre et en U.R.S.S., les biologistes, mieux armés, s'attaquent aujourd'hui au problème de l'origine de la vie et essaient de mettre en place les étapes qui ont dû conduire, de certaines molécules, ou, comme dit Bernal, des structures sub-vitales, aux virus, et aux bactéries. Il est frappant que l'évolution spécifique des virus et bactéries soit, comme leur forme, curieusement intermédiaire entre changement chimique et changemant organique. J.B.S. Haldane a souligné (1) le fait que bactéries et virus peuvent utiliser et copier des parties d'autres virus, même d'espèces différentes. Une bactérie peut incorporer une grosse molécule d'acide nucléique venant d'une autre race, ou même d'une autre espèce. Ces molécules sont alors reproduites dans leur nouvel environnement, et la bactérie synthétique est capable de produire un nouveau type d'enzyme. Un pneumocoque, d'après Taylor, peut incorporer des substances de deux différentes sources, et faire une molécule hybride par un procédé analogue au *crossing over* des chromosomes. Les molécules ATP (adénosine triphosphorique), regardées par plusieurs chimistes comme formées à un stade très primitif, ont un comportement à demi vital. Elles peuvent remplacer une partie perdue, selon une sorte de métabolisme. J.B.S. Haldane s'amuse même à parler d'un processus sexuel quand deux molécules biphosphoriques donnent naissance à une molécule triphosphorée, avec résidu rapidement décomposé d'acide adénylique, analogue au globule polaire (2). Il parle de même après E. Baldwin, de l'« écologie » de la molécule ATP et de ses « instincts » en vertu du principe que si A ressemble à B, B ressemble à A : « Nous pouvons appliquer des termes biologiques à des molécules de ce genre, tout aussi légitimement que nous appliquons des termes mécanistes aux animaux supérieurs. »

### La subsistance historique des organismes.

On peut trouver que ces efforts de mise en place d'anneaux manquants, même en les supposant moins

(1) *The origins of life* (New Biology, avril 1954), p. 20.
(2) *Ibidem*, p. 18.



hypothétiques, ne résolvent pas du tout le problème du passage d'un type de forme à l'autre, de la structure chimique à l'organisation, et d'un type de subsistance à l'autre. De la forme chimique, qui paraît subsister par inertie structurale, à la manière d'un Meccano, on ne voit toujours pas comment peut sortir, si insensibles que soient les transitions, une forme dont le mode de subsistance sera tout différent, dynamique, et aussi historique, c'est-à-dire dépendant non seulement de liaisons en elles-mêmes intemporelles, mais de l'évolution passée. Alors que la structure d'une molécule, pour le chimiste, est indépendante de l'histoire, et ne dépend que de lois intemporelles de structuration, la forme d'un organisme ou d'un organe, malgré le cas transitionnel des bactéries « synthétiques », se maintient et se perfectionne le long d'une lignée évolutive. Une main humaine doit sans doute sa consistance matérielle, *aujourd'hui* à la solidité toute chimique des os, ou aux liaisons colloïdales protoplasmiques. Mais on peut en dire autant pour une aile ou une nageoire. La question est de savoir comment les mêmes cohésions chimiques sont employées dans des formes biologiques si différentes, qui subsistent à travers le temps en se modifiant progressivement. Il faut donc, il semble, qu'au stade des éléments sub-vitaux, quelque chose s'ajoute aux liaisons chimiques, qui soit l'amorce de cette subsistance historique en même temps que des formes proprement organiques : « La vie, même la plus primitive, remarque J.D. Bernal, (1) est plus qu'un système de réactions enchaînées ; des structures matérielles caractéristiques, noyaux, cellules, sont formées, qui sont en relation indissoluble, d'une part avec des phénomènes chimiques qui se produisent en elles, d'autre part avec leur origine évolutionnelle. »

### La subsistance dynamique des molécules.

Mais il est un autre chapitre encore de la science contemporaine qu'il ne faut pas oublier, car c'est lui

(1) *New Biology* (avril 1954), p. 80.

qui apporte la solution et qui donne leur valeur à la micromorphologie d'une part, et aux hypothèses de Bernal, Haldane, Pirie, Oparin, Dauvilliers, sur l'origine chimique de la vie d'autre part. C'est celui de l'interprétation, par la physique nouvelle, de la liaison et de la structure chimique. Tant que l'on considère les liaisons et structures chimiques selon les schémas statiques, géométriques et mécanistes, d'il y a un demi siècle, tant que l'on prend au sérieux la comparaison de l'édifice chimique avec une « construction » dont les pièces, bien distinctes, sont reliées bord à bord, on ne comprend évidemment pas la possibilité d'un passage aux formes et formations organiques. Mais considérons la conception actuelle de la morphologie chimique ; le rapprochement opéré avec la morphologie organique saute aux yeux. La chimie quantique et les théories des liaisons chimiques tirées de la mécanique ondulatoire, considèrent la substance chimique comme caractérisée moins par une structure que par un ensemble d'états structuraux ou de *comportements de structuration* (1). La morphologie chimique est d'abord morphogénèse.

Le carbone, par exemple n'est plus — s'il l'a jamais été pour le chimiste — à considérer comme un petit solide en forme de pyramide tétraédrique pouvant être juxtaposé à d'autres petites pyramides. L'hypothèse dite du tétraèdre n'implique que « la quadruple orientation des synthèses possibles ». La forme est virtuelle, et dépend des forces de composition. Valences, liaisons chimiques, ne signifient pas « existence de crochets », ou de mécanismes quelconques d'accrochage. La notion structurale des valences a d'abord cédé la place aux analyses dynamiques des liaisons — les électrons de liaison, selon leur « état », assurant l'interaction — puis aux analyses par probabilité d'interaction. Le carbone n'est pas quadrivalent, il n'a qu'« une très forte probabilité de tétraédrisation » lorsque les quatre atomes associés au carbone sont identiques. L'atome de carbone, et c'est vrai pour tous les autres corps, n'est pas une structure, il représente une *activité structurante*, une activité « qui consiste à bien remplir l'espace

(1) Cf. G. BACHELARD, *Le matérialisme rationnel*, surtout les chapitres IV et V.



d'accord avec des conditions supplémentaires de plus en plus nombreuses et de plus en plus délicates » (1). Les propriétés de valence ont un caractère de virtualité. La molécule comme telle — par opposition à l'atome — a déjà une structure, en ce sens que les noyaux des atomes qui la constituent forment un *pattern* relativement stable, que l'on peut même photographier dans certains cas par la technique des réseaux cristallins. Mais les électrons de liaison et d'interaction ne sont pas localisables. Aux formules développées de la chimie conçue *more geometrico*, les chimistes substituent aujourd'hui des cartes de densité électronique, qui représentent, par des courbes de niveau, les moyennes d'un comportement structurant. Un état défini n'est qu'un instant abstrait dans une formation continue. Deux régions, voisines dans la carte de densité électronique, « se structurent » conjointement selon leur énergie d'interaction et de résonance. Dans le benzène, par exemple, les électrons des liaisons doubles sont encore moins nettement localisables que les électrons des liaisons simples ; les liaisons doubles — qui, dans le schéma de Kekulé, sont représentées comme alternant avec les liaisons simples — doivent être réparties symétriquement dans toute la molécule pour qu'elle soit stable. Les représentations statiques ne donnent qu'un dessin de squelette. Pour en saisir la réalité complète, il faut comprendre que cette réalité relève de l'énergétique électronique. La molécule est un domaine où s'échangent des énergies, où l'énergie se structure, où un état structural « se choisit », parmi une essentielle multiplicité d'états possibles.

On peut parler, avec Bachelard, de l'aspect anatomique et de l'aspect physiologique de la molécule. Pour éviter toute équivoque, on pourrait parler de « l'aspect morphologique » et de la « dynamique morphogénétique » de la molécule, puisque la « physiologie » est ici formation et non fonctionnement, et puisque c'est l'activité de liaison qui met en place le *pattern* qu'elle constitue activement. De la physiogénèse, on passe, dans la molécule comme dans l'organisme, à une physiologie proprement dite ; du comportement structurant on passe à un comportement qui dépend en grande partie des structures

(1) G. BACHELARD, *Le Matérialisme rationnel*, p. 146.

constituées. Mais ce n'est qu'une limite, jamais atteinte et des forces morphogénétiques sont toujours à l'œuvre. En d'autres termes, le « verticalisme », la mise en place dynamique des éléments du fonctionnement est primordial, *aussi bien en chimie qu'en biologie.*

### Le comportement formatif en chimie.

Dès lors, on fait plus qu'entrevoir, on voit clairement la vérité que visent à la fois les micromorphologistes comme Frey-Wyssling et Staudinger, les physiciens comme Jordan et Eddington, obsédés par la question de l'indéterminisme, les chercheurs de *missing links* entre la chimie et l'évolution de la vie, comme Haldane et Bernal, et d'autre part, dans leurs tâtonnements souvent confus, les adeptes contemporains du vitalisme, ou plutôt du pan-psychisme, qui sentent vivement l'impossibilité logique de faire sortir la vie et les formes organiques des formes moléculaires telles qu'elles étaient conçues à la fin du siècle dernier et qui, peu au courant de la chimie contemporaine, se croient alors obligés, s'ils ne veulent faire intervenir ou émerger un principe vital ou une entéléchie, d'attribuer à toute matière un « fond de vie » comme disait E. Boutroux, (1) et tombent d'un verbalisme dans un autre. La chimie et la biologie contemporaines ont des possibilités d'association parfaitement précises, tout autres que par le vitalisme vague renouvelé des Romantiques, ou par les applications brutales de la théorie des quanta ou de la physique indéterministe à une génétique mal interprétée, à la mode aujourd'hui chez les physiciens.

Nous avons pu décrire la morphogénèse organique, comme la morphogénèse moléculaire, sans faire intervenir l'opposition liberté-déterminisme. La « liberté de l'embryon » n'ayant déjà pas grand sens, la « liberté de la molécule » en a encore moins. La véritable opposition, dans les deux domaines, est plutôt entre « fonctionnement » et « comportement formatif » ; et le point capital est que « comportement formatif» est la seule expression qui convienne, en chimie comme en biologie, le fonctionnement étant toujours secondaire et dérivé, dans l'un comme dans l'autre domaine.

(1) Cité par G. Bachelard, *op. cit.*



Le comportement formatif d'un atome ou d'une molécule n'est sans doute pas à proprement parler « thématique », si l'on prend le mot en un sens proche de « signifiant », comme la morphogénèse organique. Mais l'essentiel est qu'il n'est pas non plus « positionnel » comme le mouvement d'un amas ou d'une machine. La molécule ou l'atome ne se forme pas comme un plissement montagneux ou un dépôt sédimentaire. L'atome a une forme typique, virtuelle ou actuelle. Un atome « bombardé » n'est pas semblable à une maison bombardée ou à une automobile accidentée. Un bombardement nucléaire ne produit pas un résultat *quelconque,* mais un résultat *typique,* un être chimique nouveau, par fusion aussi bien que par fission. Les difficultés du déterminisme ont le sens tout à fait positif que les liaisons ou les interactions sont primaires dans les domaines individuels de la chimie, et qu'il est vain de prétendre expliquer une liaison primaire par l'analogie d'une liaison mécanique, puisque les liaisons mécaniques *dérivent* des liaisons primaires. Si l'action structurante ne peut être expliquée par les lois de la structure faite, l'action liante ou interstructurante ne peut s'expliquer par une technique secondaire de liaisons toutes faites comme dans les machines. Les cartes de densité électronique ou d'intensité probable de liaison représentent quelque chose de tout à fait fondamental, où l'on cerne le mystère de l'individualité chimique et de l'individualité vivante, du type et du thème morphologiques.

### Les virus molécules.

On sait que certains virus sont cristallisables et que certains sont très probablement monomoléculaires. Le virus de la fièvre aphteuse n'est que dix fois plus gros qu'une molécule de saccharose, cinquante fois

plus gros qu'un atome d'hydrogène (1). Les virus ont une anatomie et une physiologie — ou une morphologie et une morphogénèse — et ces mots, ici, ne peuvent plus être considérés comme des métaphores. Des bactériophages, les coliphages pairs, T2, T4, T6, plus petits que les virus cristallisables, comme le virus de la mosaïque du tabac, ont une membrane, une « tête » prismatique, une sorte de queue ou de trompe, par laquelle ils se fixent à la bactérie, et par laquelle se vide le contenu, en acide nucléique, de la « tête ». Ce n'est pas s'avancer beaucoup que d'imaginer établie et écrite la formule développée d'un virus cristallisable, qui, malgré sa taille est fait de nucléo-protéines régulièrement alternées, ou du virus de la fièvre aphteuse, ou d'un coliphage à trompe, ou d'un virus plus gros encore, comme celui de l'influenza et de la vaccine, ou de ceux qui ont déjà une taille et un aspect cellulaires. Si l'on se représente ces formules développées sur le modèle des formules chimiques à l'ancienne mode, avec les tirets des valences évoquant crochets ou boutons-pression, le comportement vital — individualité, régulation de forme, reproduction, hérédité — est plus que mystérieux, il est inconcevable. Quelque chose semble devoir venir s'ajouter à la formule comme un souffle d'un autre monde, pour transformer ce Meccano en être individualisé, agressif, vivant. Mais interprétons la même formule selon les cartes de liaisons modernes, avec de simples courbes de niveau figurant les probabilités d'interaction par « résonance », ou plutôt, car, les physiciens mettent en garde contre l'interprétataion littérale du mot « résonance » — par perte partielle d'individualité des sous-domaines « voisins » — la « vicinité » devant, elle aussi, être considérée dans le sens particulier, non spatial, « d'états conjugués ». Alors le mystère physique des liaisons inobservables et non localisables, connaissables seulement par leurs effets sur le comportement non seulement spatial mais temporel de la molécule, vient parfaitement coïncider avec le mystère biologique

(1) P. MORAND, *Aux confins de la vie*, p. 74.



de la même molécule. Le comportement individualisé, typique, du virus, sa persévérance active et conquérante, apparaît de même nature que le comportement individualisé d'une molécule de benzène, d'une molécule d'eau, de toutes les individualités moléculaires, atomiques, ou sous-atomiques. L'aspect temporel, et non purement géométrique, des activités de liaison à tous les niveaux prépare la subsistance « historique », « héréditaire », des virus qui semblent faussement n'être que des édifices moléculaires dans l'espace, mais qui révèlent leur « temporalisation » verticale, en ce qu'ils sont capables de passer du virtuel à l'actuel par une sorte de comportement mnémique reproductif. Il paraît à première vue plus économique et scientifique pour expliquer la reproduction des virus, de penser à une sorte d'action par « moulage » spatial. Mais on peut se demander si ce n'est pas là une mauvaise économie, puisque de toute manière, lorsqu'on arrive progressivement aux reproductions si complexes des organismes supérieurs, la métaphore du moulage spatial ne vaut plus. Il est beaucoup plus réellement économique d'utiliser, dès le niveau de la reproduction moléculaire, la notion moderne de liaison par activité structurante temporalisée.

Dans les bactéries infectées par un phage dit « tempéré », qui y subsiste à l'état de pro-phage, ce pro-phage, intégré dans la trame héréditaire de la bactérie, représente une sorte de gardien d'une propriété potentielle de la cellule, comme s'il était un gène. Le facteur « sigma » de la drosophile (commandant la sensibilisation au gaz carbonique), qui se comporte comme un gène, est d'origine virale. Raison supplémentaire pour ne pas séparer absolument reproduction des phages et reproduction d'organismes plus élevés. Ce qui est encore mystérieux, c'est la question de savoir pourquoi certaines molécules, les gènes et les virus, ont la propriété de se reproduire, alors que les molécules ordinaires n'ont pas, en général, cette propriété. Pourquoi donc une molécule d'alcool introduite dans de l'eau de Seltz ne peut-elle se reproduire elle-même, alors qu'elle y trouverait tous ses éléments ? Pourquoi, ainsi que se le demande Gamow, une goutte de cognac, introduite dans de l'eau gazeuse, ne la transforme-

t-elle pas tout entière en cognac, comme un virus transforme toute une bactérie en virus ? La réponse sera probablement donnée quand, d'une part, seront mieux connues les conditions énergétiques des reproductions moléculaires, et quand surtout la chimie aura pu établir les formules développées des molécules virus. Il est fort possible, par exemple, que seuls certains types de liaisons chimiques impliquent une véritable unité systémique, et aussi que seuls certains réseaux de ces liaisons puissent donner à une molécule complexe une individualité capable de s'imposer à des matériaux voisins (1).

### Virus et psychisme.

Le prix à payer — si c'en est un — est évidemment qu'il faut admettre de toute molécule et même de tout atome, qu'il est « vivant » autant qu'un virus. L'observateur distrait de cette évolution inattendue des recherches contemporaines, peut croire à un retour aux vieilles et vagues conceptions de l'animisme, à l'attribution imaginaire, à la matière physique, d'une conscience, miniature de la conscience humaine, petit gnome ou petit démon, porteur de liberté, de mémoire et d'intention. Nous pensons que la peur du « verbalisme » ne doit pas conduire à la peur des mots, et qu'il ne faut pas craindre de prononcer en effet le mot « organisme », ou même le mot « conscience », à propos de n'importe quelle molécule, puisqu'il ne s'agit plus là de l'application paresseuse d'un mot, mais, au contraire, d'une possibilité d'interprétation, par la chimie et la micro-morphologie moderne, de la réalité que désigne ce mot. Liaison active — comportement structurant — unité systémique par thèmes ou types non localisables — verticalisme — forme et formation par soi — instinct formatif — domaine absolu — domaine organique — domaine de conscience, toutes ces expressions sont synonymes. Partout où il y a activité formatrice et non fonctionnement, il y a inévitablement « pour soi », auto-possession, forme donnée à elle-même se liant

(1) Cf. H. Blum, *Time's arrow and evolution*, Princeton, 1951, chap. vii et viii.



elle-même absolument, et non constituée par liaisons secondaires de proche en proche. Partout où un être se comporte, c'est-à-dire ne se borne pas à fonctionner selon une structure donnée, il y a nécessairement conscience, c'est-à-dire improvisation de liaisons selon un thème non déjà donné dans l'espace. Ce qui fonctionne peut n'être rien en soi, peut n'être qu'un amas ou un enchaînement dont l'unité n'est que pour les autres. Ce qui se forme ou se comporte est nécessairement un réel, un « pour soi ». Si l'on rejette — avec toute la physique moderne — l'idée d'un pur fonctionnement de l'atome, alors, *par le fait même, par définition,* on ne peut pas ne pas attribuer à l'atome le statut d'une étendue-vision analogue à une sensation visuelle ou d'une durée-mélodie analogue à une sensation auditive. L'aspect négatif du déficit d'explication par un fonctionnement, a logiquement pour contre-partie positive, une présence absolue d'unité formelle, et une auto-conduction « domaniale ». Et il est aisé de vérifier que cette définition s'applique aussi bien à la molécule d'eau selon la théorie de Heitler et London, à la molécule de benzène selon les théories ondulatoires de la mésomérie, au virus, au protozoaire, au métazoaire en formation, au système nerveux en cours de comportement, et enfin au champ de conscience ou de perception active qui est « mien » en ce moment. L'intuition que j'ai de l'unité thématique de mes actes tout en ignorant le détail de leur effection nerveuse et musculaire est exactement complémentaire de ce qu'un physiologiste peut observer dans mon organisme. Son observation, tout à l'inverse de ma propre conscience, suit bien le détail de cette effection neuro-musculaire, mais elle ne peut saisir ce qui fournit l'unité de ces mouvements et en fait un comportement. Il est naturel de supposer que, dans les autres cas, c'est une présence absolue d'unité analogue qui fournit le complément au déficit constaté par un observateur extérieur, qui ne parvient pas à expliquer le comportement unitaire d'une molécule ou d'un organisme, ou à le réduire à un pur fonctionnement.

Le mystère de la vie ne fait qu'un avec le mystère

de la conscience, et l'un et l'autre ne font qu'un avec le mystère de toute liaison primaire, de toute naissance d'une vraie forme dans une morphogénèse qui peut être aussi bien chimique que biologique. Une liaison primaire est inobservable. Elle ne peut être que figurée, cernée par des courbes de probabilité d'interaction. La difficulté naturelle de comprendre la vie attribuée par Bergson à l'intelligence, le fait que l'intelligence ne soit à l'aise que dans les solides et les montages mécaniques de solides, dérive de la même loi fondamentale. Et cette loi tient elle-même au caractère de correspondance structurale de la connaissance scientifique, que nous avons défini au début de cet ouvrage. Un phénomène devient conventionnellement intelligible quand on décide de tenir pour résolu le problème de la liaison et de ne considérer que l'agencement topographique de ses parties. Ce n'est pas le fait qu'un jeu de Meccano soit solide qui le rend intelligible. Au contraire, la solidité elle-même, soit d'une pièce, soit d'un boulon solidarisant deux pièces, est au fond inintelligible, puisqu'elle nous renvoie finalement aux liaisons primaires chimiques. Il est intelligible si nous ne nous occupons que de l'agencement des pièces, visible dans l'espace, et aisé à suivre par perception optique ou tactile.

### Les liaisons secondaires dans l'organisme.

Bien entendu, tout, dans les domaines individualisés de la chimie, ou dans les organismes, n'est pas liaison primaire. Il est évident que l'articulation du genou ou de l'épaule, comme machine, n'est pas plus mystérieuse qu'une articulation de machine. En chimie, de même, *étant admises* la liaison carbone-hydrogène, et la liaison carbone-carbone, le passage du méthane à l'éthane et au butane ou de l'acide aspartique à l'acide glutamique, par intercalage de H-C-H, est aussi clair et limpide que la construction d'une tour avec des dominos. De même, le procédé de construction des chaînes de nucléoprotéine commence à être bien connu. Les virus cristallisables, si complexes que soient leurs sous-unités, paraissent faits



d'un groupement régulier de ces sous-unités empilées, et le cristal du virus est à son tour fait d'un empilement de ces empilements, selon les lois ordinaires de la physique des cristaux. Un amas de ces cristaux est encore plus loin de la liaison primaire et par conséquent du mystère primaire de l'individualité du virus.

Plus généralement, il est aisé d'identifier, dans les formes organiques, des agents de liaison aussi secondaires que les colles dans une construction de bois ou de carton.

Bonner a étudié le cas de diatomées coloniales et leurs procédés d'adhésion intercellulaire, soit par imbrication d'épines siliceuses — ce qui fait que les individus, en forme de longs crayons qui s'accolent parallèlement, peuvent glisser les uns sur les autres et prendre l'aspect d'un mètre de charpentier tantôt replié, tantôt étendu (*Bacillaria paradoxa*) (1) — soit par des substances mucilagineuses secrétées (*Cymbella*). Ces substances de liaison sont tellement secondaires que les cellules en sortent parfois et continuent leur vie sans dommage apparent. Elles contribuent néanmoins à fournir la forme générale de l'organisme concurremment avec les liaisons primaires.

Certaines colonies, dans les organismes inférieurs, ne sont guère que des amas, coordonnés par des liaisons secondaires agissant de proche en proche. Et certains aspects dits sociaux, dans la vie des organismes supérieurs, tout en dérivant directement des comportements instinctifs primaires, sont de même sorte, lorsque ces comportements n'agissent que de proche en proche. Ainsi, des truites au repos dans un vivier, se mettent parfois côte-à-côte en files régulières. Vues de loin, (2) on pourrait les prendre pour des molécules dans une file cristalline. Enfin, lorsque les liaisons agissent d'une façon encore plus superficielle, et sans direction, il ne reste plus que de purs amas sans aucune individualité propre, qui ne sont plus

(1) J.T. Bonner, *Morphogenesis*, p. 90.
(2) Cf. Gudger, *Fishes that rank themselves like soldiers on parade* (1949).

structurés, globalement, que par les lois statistiques et secondaires de la physique classique.

On comprend ainsi la bifurcation qui, à partir des lignes verticales morphogénétiques, conduit aux cristallisations ou aux amas inorganiques du monde physique. On comprend combien fondamentalement fausse est l'illusion qui voit, dans les organismes, des singularités au milieu du monde physique, dérivées mystérieusement et inexplicablement de ce monde. La dérivation est inverse. Le monde n'est qu'un amas gigantesque d'organismes, les uns petits, les autres grands, et le monde dit « matériel » ne s'oppose au monde dit « vivant » que parce qu'il est un amas des organismes les plus petits. C'est une tentative vouée à l'échec que de faire dériver les organismes d'un arrangement secondaire survenant dans des amas physiques considérés comme primaires. Le principe de Frey-Wyssling, le schéma du « verticalisme », remet les choses au point.

Cette erreur monumentale et séculaire de la philosophie mécaniste est identique à celle qui, avant Planck, prétendait expliquer la physique de l'atome individuel à partir des lois physiques ne valant que pour les atomes pris en grande masse, alors qu'à l'inverse, c'est la physique de l'atome individuel qui permet de rejoindre la physique des multiplicités.

### Utilisation organique des lois secondaires.

L'organisation individuelle part toujours d'« en haut », c'est-à-dire d'un thème unitaire, même lorsqu'elle semble naître d'« en bas », c'est-à-dire d'éléments fonctionnant selon leur mise en place. L'articulation du genou ou de l'épaule, comme machine montée, ne peut expliquer le montage de cette articulation. Une mise en place active, dans un domaine qui se survole, c'est-à-dire se possède lui-même en sa forme, est indispensable pour qu'ensuite, les mécanismes, les circuits auto-régulés, les enchaînements ou canalisations de toutes sortes, mis en place, fonctionnent selon cette mise en place. De plus, dans l'organisme vivant, le montage actif est rarement fait



une fois pour toutes. Un champ individualisé continue à surveiller « de haut » les mécanismes subordonnés, suppléant aux défaillances du fonctionnement ou l'orientant de manière à en faire un comportement. Un squelette assemblé et articulé au moyen de fils de fer dans un cabinet d'histoire naturelle n'est qu'un extrait grossier du système osseux vivant, qui entretient activement ses articulations et qui est capable de réparer une fracture.

C'est pourquoi il est impossible de séparer absolument, dans un organisme, une partie libre — qui éventuellement pourrait être réduite à un « atome clé » — et une partie soumise aux lois ordinaires de la physique. La « liberté », ou plutôt le thématisme vertical est, comme dit Whitehead, *pervasive*.

Considérons par exemple le cas des nombreux organes pièges chez les végétaux, tels que la feuille-piège de la Dionée attrape-mouche. Le schéma de son fonctionnement est aisément imitable par mécanique. Mais il est impossible de ne pas rapprocher la feuille-piège des constructions et utilisations instinctives de piège chez les animaux. Le fourmilion qui utilise les propriétés mécaniques d'un entonnoir de sable, mais qui l'a creusé, et qui aide son action en lançant du sable sur la proie, l'araignée qui tisse sa toile, et sait accourir lorsqu'une proie s'y fait prendre, rend manifeste le caractère subordonné du fonctionnement mécanique. La partie mécanique du piège est *intercalée* dans un comportement formateur, utilisateur, réparateur. D'autre part, on a remarqué que les plantes carnivores (1) qui montent le piège dans leur morphogénèse, et non, apparemment, par instinct comme le fourmilion ou l'araignée, sont des plantes qui souffrent d'une déficience d'azote, qui vivent dans des marais où l'épaisseur de la mousse prive l'eau de tout son azote utilisable. La construction des pièges est ainsi rattachée indirectement, par un circuit complexe utilisant et encadrant de multiples fonctionnements physiques, à un besoin chimique fondamental de la substance vivante. Un cas plus compliqué encore,

(1) Field, Durden and Smith, *See how they grow*, p. 151.

mais de même sorte, est celui de l'organisme humain, incapable de fabriquer organiquement certaines vitamines, mais les récupérant en circuit externe, en les fabriquant industriellement. Beaucoup d'êtres vivants suppléent de même à une déficience chimique par le parasitisme, la symbiose, la conquête de proies, etc.

La morphogénèse organique continue la morphogénèse chimique et semble se mettre à son service. Inversement, les comportements chimiques sont parfois presque directement utilisés, même au niveau organique le plus élevé. Goldacre et Lorch (1) viennent de montrer que les mouvements de l'amibe, que l'on rapportait autrefois à des phénomènes de diffusion, ou de tension superficielle, s'expliquent très probablement par auto-pliage et auto-dépliage des molécules de protéine dans le protoplasme de l'amibe. Comme d'autre part les mouvements d'ensemble des protozoaires constituent un vrai comportement, on peut donc constater ici une continuité, tout comme dans les virus, entre comportement chimique et comportement biologique. Les protéines contractiles jouent d'ailleurs bien d'autres rôles, notamment dans le mouvement des cils vibratiles et dans la contraction musculaire en général. Si bien que les mouvements d'un homme dérivent, d'une manière presque directe, des propriétés contractiles des molécules.

Mais il faudrait se garder d'en conclure, par un retour à un vitalisme tout verbal, que c'est une intention désincarnée qui utilise le comportement moléculaire. Dans tout organisme fins et moyens sont toujours très difficiles à distinguer, précisément parce que ces individualités constituantes d'une individualité organique supérieure, avec des cycles de comportement et des relais compliqués, se sont d'elles-mêmes agencées et transformées en agents d'un de ces cycles. Lorsque des hommes, faute d'un outillage perfectionné, font la chaîne pour faire circuler les seaux d'eau destinés à éteindre un incendie, ils se subordonnent aussi à un comportement total : la conscience du système enveloppe l'attention consciente de chacun

(1) FREY-WYSSLING, *Submicroscopic morphology*, p. 186-8.



à bien passer le seau à son voisin immédiat. Dans tout comportement collectif, les individualités constituantes sont à la fois fins et moyens. Ce qui, dans la société humaine, ou dans les sociétés animales de haut niveau, est obtenu par ajustement d'instincts ou par calcul conscient, est obtenu, au niveau moléculaire, par l'indétermination d'individualité des constituants dans un système d'interactions. Cette indétermination d'individualité implique une indétermination moyen-fin.

C'est pourquoi par exemple il est impossible de dire si les remarquables propriétés énergétiques des molécules ATP ou de la chlorophylle sont utilisées par l'organisme molaire qui a besoin de substances utilisant ou emmagasinant l'énergie, ou si les molécules ATP et les substances capables de photosynthèse sont les organismes primitifs qui se sont ensuite associés en cycles de fonctionnement plus complexes (1). Ou plutôt, il n'y a pas à choisir, et la vérité est que les deux hypothèses doivent être acceptées à la fois. Une protéine, un virus, avec la chaîne des peptides et des amino-acides attachés, ressemble à un outil vivant. Ce n'est pas un pur outil *de* l'organisme, même quand on considère la protéine devenue enzyme, ou le virus intégré comme une sorte de gène dans la bactérie. L'extrême difficulté de décider entre les théories du virus comme organisme autonome et primitif, ou du virus comme partie de la cellule en rupture de bans, n'est ainsi qu'un cas particulier du même phénomène.

### MORPHOGÉNÈSE ET CANALISATION.

Il faut bien distinguer néanmoins, malgré les difficultés pratiques, dans les gros multicellulaires et déjà dans les unicellulaires, ce que l'on pourrait appeler la forme organique encadrante, qui continue directement la forme chimique, et d'autre part le matériel encadré ou la machinerie technique agencée par liaisons secondaires. Pour reprendre notre comparaison, les hommes, las de faire la chaîne, en se passant des seaux d'eau, peuvent se servir de tuyaux,

(1) Cf. H. BLUM, *Time's arrow and evolution*, p. 102 sqq.

de pompes électriques, et même d'avertisseurs automatiques d'incendie commandant des extincteurs automatiques. Par technique externe, un organisme rattrape, si l'on peut dire, et annexe, une matière et un matériel extérieur qu'il ne prend pas la peine d'assimiler, mais qu'il traite en masse.

Avec l'homme seulement, la technique externe prend des proportions voyantes. Toutes les ressources matérielles et énergétiques du monde extérieur finiront par être canalisées à son service, et l'aspect, la morphologie la plus massive de la planète, portent déjà la marque de l'organisme humain, au point qu'un astronome extra-terrestre s'en apercevrait à des millions de kilomètres.

Mais la révolution technique humaine n'est que la répétition sur une autre échelle d'une première révolution technique dans l'histoire de la vie. Cette première révolution donne la clé de l'énigme qui a été posée à la science contemporaine par la découverte des virus cristallisables : le décalage entre l'apparition d'une propriété vitale aussi caractéristique que la reproduction et l'apparition des propriétés *morphologiques* habituellement liées aux organismes. D'une grosse molécule — non vivante au sens ordinaire du mot — au virus cristallisable, il y a peu de différence de forme, ou cette différence est insignifiante à côté de la différence morphologique entre un virus et un mammifère ou un homme. Si l'on fait commencer la vie au virus à cause de sa propriété de reproduction, il faudra encore un autre commencement, après le virus, celui de la morphologie vraiment organique. Un vitaliste comprend moins que tout autre ce retard de la morphologie organique sur cette manifestation de « vitalité » qu'est la reproduction, et qui l'oblige à faire intervenir un principe vital en une forme encore purement chimique, en une chaîne moléculaire sans organes. Comment un principe vital, si on le suppose nécessaire à cause de la propriété reproductrice, et qui est censé alors séparer absolument le virus de la molécule chimique, ne produit-il pas aussitôt une grande différence de forme entre molécule et virus ? Comment une « entéléchie », censée porteuse d'une



forme s'imposant à une matière, modifie-t-elle d'abord si peu la forme de la molécule organique, et comment ne lui apporte-elle d'abord que la faculté de reproduction ? Et pourtant, il serait encore plus difficile de mettre le virus, et son mode de reproduction en dehors de la vie, puisque les phénomènes si compliqués de la reproduction d'un mammifère ou d'un homme enveloppent encore, comme phénomène fondamental, une duplication de type viral : celle des gènes.

### L'importance de la tuyauterie.

L'énigme n'est pas insoluble si l'on considère la formation organique, à partir du virus cristallisable le plus simple, comme un « encadrement » technique élémentaire, comme une « canalisation », permettant de traiter en masse une matière extérieure, Lichtenberg, dans une remarque qui va plus loin que bien des dialectiques ambitieuses, écrit (1) : « Que les choses les plus importantes s'effectuent par des tuyaux. La preuve : Les organes de reproduction, la plume à écrire, et notre fusil. Qu'est-ce que l'homme, sinon un paquet confus de tuyaux ? » Et en effet, le tuyau, la canalisation, est le schéma de presque toute technique. Structure rigide qui amène une foule ou un fluide amorphe à pied d'œuvre, qui permet d'imposer un ordre à un dynamisme « molaire », qui permet des circulations réglées et, pour peu que le tuyau revienne sur lui-même, des cycles à récurrence. On pourrait aisément souligner que la civilisation humaine repose sur la tuyauterie, d'irrigation, d'évacuation, d'adduction d'énergie, et que la barbarie consiste à laisser se dégrader cette tuyauterie. Plus aisément encore, que l'organisme ne fonctionne que grâce à des kilomètres de tuyaux : de circulation sanguine, de respiration, d'absorption, et d'excrétion, et que la mort est due, bien souvent à un accident de cette tuyauterie.

Qu'une protéine vivante, c'est-à-dire qu'une molécule chimique à liaison primaire, à unité domaniale,

(1) *Aphorismes* (Ed. A. Breton), p. 118.

au lieu de rester une sorte de manche à outils chimiques variés et substituables, dont chacun doit être trouvé par chance dans le monde extérieur, forme un réseau qui se replie sur lui-même et produise une membrane fermée ou un canal ouvert, cette révolution technique est le point de départ, non de la vie, mais de la *révolution morphologique* confondue habituellement, à tort, avec le commencement de la vie.

Avec la membrane, surtout avec la membrane formée en tuyau, les moyens et les fins commencent à pouvoir être discernés dans l'organisme. Le réseau organique, où l'on ne peut distinguer fins et moyens à cause de l'indétermination d'individualité, commence à insérer, dans ses maillons, de purs moyens, qui ne participent pas directement à l'unité organique. Une physiologie proprement dite et un pur fonctionnement commencent. Des machines plus importantes peuvent être montées dans l'« usine » organique, qui utiliseront en grandes masses des courants ininterrompus d'énergie et de matériaux ; des machines avec des articulations, des couplages, des auto-régulations, des *feed back* et des pièges ; des machines dont le fonctionnement — sinon la constitution et l'entretien — peut être compris selon les lois de la physique classique, et qui peuvent même être remplacées souvent par des appareils de prothèse ou par tous les procédés de la technique externe.

### La remontée de l'entropie dans l'organisme.

On sait que la caractéristique des lois de foules, des lois secondaires de la physique classique, est qu'elles se conforment au principe de dégradation de l'énergie et d'augmentation de l'entropie ou du désordre. Le désordre est, on le comprend facilement, inhérent au jeu des liaisons et des interactions non coordonnées. Un organisme, au contraire, est capable de remonter les pentes, d'instaurer de l'ordre, ou du moins d'arrêter la marche vers le désordre. De même que le désordre dérive de liaisons et d'interactions sans « survol » unitaire, l'ordre dérive toujours de couplages ou d'agencements « survolés ». La remontée



d'entropie caractéristique de l'organisme n'est qu'un aspect de son unité absolue, capable de monter des agencements et des couplages.

On n'a pas toujours clairement souligné que l'organisme est capable de le faire à deux niveaux et par deux procédés très différents. Considérons par exemple le travail de la membrane rénale qui extrait du sang, contre les lois statistiques de l'osmose, les molécules indésirables. Ce que l'on appelle en général l'épictèse est une lutte contre le désordre au niveau microscopique. Le travail, ici, est fait au niveau moléculaire. Il est analogue à tous les travaux intra-cellulaires effectués au moyen des outils chimiques emmanchés aux chaînes protéiniques. Il utilise de l'énergie emmagasinée au cours de micro-cycles chimiques, par exemple les liaisons phosphorilées, de haute énergie, des molécules ATP. Le travail d'organisation s'effectue, à ce niveau, par des micro-couplages moléculaires.

Considérons d'autre part un grand cycle organique comme celui qui aboutit à maintenir constante la teneur du sang en sucre. Le résultat, dans ce cas également, est une victoire contre les principes de désordre. Mais il est obtenu, cette fois, par un macro-agencement d'organes (foie, pancréas, centres cérébraux et tampons chimiques), en amboception ou en *feed back*, analogue aux agencements des automatismes industriels. Les automates à régulation aussi, comme n'ont pas manqué de le souligner les cybernéticiens, arrêtent la dégradation de l'énergie ; ils sont auteurs de « décisions » qui gardent un ordre donné : un canon équipé d'un régulateur à radar ne disperse pas ses coups au hasard, il les concentre sur le but ; un homéostat garde, contre les fluctuations, un certain niveau, ou une certaine position assignée.

Mais, qu'il s'agisse de micro- ou de macro-couplage, la performance organique essentielle, c'est le *montage* de l'agencement couplé. La canalisation, l'encadrement du hasard par des appareils massifs, dépend elle-même d'une propriété fondamentale qui s'est déjà manifestée dans les micro-couplages. Dans tous les cas, un survol unitaire a dû précéder l'agencement qui a été le résultat d'une activité structurante, et il

est impossible d'expliquer l'agencement canalisateur par le flux canalisé, la digue par le torrent. Non pas que l'agencement même puisse s'opérer gratuitement au point de vue énergétique. Déjà au niveau microscopique, les outils organiques utilisent l'énergie chimique des réactions. A plus forte raison quand l'agencement est massif. Pour construire sur une rivière une digue, un système d'écluses, ou un moulin à eau, on peut fort bien déjà emprunter au cours d'eau lui-même, par des installations provisoires, de quoi faire marcher les machines qui construiront l'installation définitive. Mais ce n'est pas le flux énergétique couplé avec l'installation qui explique l'installation et le couplage lui-même.

### Les « systèmes ouverts ».

On n'a rien dit sur le problème de la morphogénèse quand on s'est borné à remarquer, avec Brillouin, Köhler, Bertalanffy, Prigonine, que l'organisme est un « système ouvert en état stable ». Un « système ouvert » n'est un modèle de l'organisme que si l'on considère la *formation* d'un tel système aussi bien que son *fonctionnement*. Ainsi que le rappelle Needham, « il est parfaitement clair aujourd'hui (bien que quelques biologistes se refusent encore à donner à ce point toute sa valeur), que l'organisation des systèmes vivants est le problème et non le point de départ de la recherche biologique ». Qu'est-ce qu'un système ouvert en état stable ? Tandis qu'un système fermé ne reçoit ni ne perd d'énergie, et arrive à un état d'équilibre lorsque son énergie libre est minima et son entropie maxima, un système ouvert a une entrée et une sortie, comme un lac, pour un flux constant d'énergie libre avec lequel il est couplé ; et d'autre part, il est ainsi fait qu'il maintient, non un équilibre, mais un état stable, malgré les variations du flux d'entrée. Il est ainsi doué d'« équifinalité » ; il arrive à un état donné où l'entropie est constante et non maximale, et il le maintient, malgré la variabilité des processus immédiatement précédents. Sa stabilité n'est pas l'absence de mouvement ; énergie et matière



y sont en circulation comme l'eau dans un lac. Alors que les équilibres chimiques dans un système clos sont réversibles, ils sont irréversibles dans un système ouvert qui maintient, dans un flux à direction constante, une zone d'homéostasie. Les processus organiques de dégradation sont continuellement compensés par des restaurations qui, elles-mêmes, sont alimentées par le flux « nourricier » (en énergie et en matière), de l'entrée.

Il est incontestable que les organismes sont en effet des systèmes ouverts, et qu'ils ne contreviennent pas au principe de dégradation de l'énergie, mais il est plus incontestable encore que le fonctionnement d'un système ouvert n'explique en rien la constitution dudit système, qu'il y faut essentiellement une canalisation, une tuyauterie, et que cette tuyauterie implique une activité formatrice. La comparaison avec un lac est trompeuse. Dans l'évolution géographique, c'est la circulation elle-même, de l'eau ou de la glace, qui façonne le réseau hydrographique. Mais le temps n'est plus où, avec Descartes, on pouvait prétendre que, dans l'organisme embryonnaire, c'est la circulation même des fluides et le dépôt de leurs sédiments qui façonnent les organes. Un lac ne se maintient qu'en apparence en un état stable, le déversoir s'use, et l'état final d'un réseau hydrographique, c'est un ensemble de pentes continues.

Un organisme aussi, dira-t-on, est destiné à l'usure et à la mort. Mais pendant qu'il vit, et surtout pendant qu'il se forme, il résiste activement à l'usure structurale, alors que le lac ne réagit pas contre sa destruction. Un afflux anormal d'eau à l'amont se traduit par une augmentation du débit à l'aval, le niveau restant constant ; mais une dégradation du déversoir se traduit par un changement de niveau sans éveiller aucune contre-action. *L'organisme fait les deux choses à la fois :* il règle son propre débit, par des catalyseurs qu'il fabrique lui-même ou se procure indirectement, et d'autre part, il *cherche à maintenir* l'afflux d'énergie et de matière. Il est pareil à un lac qui, miraculeusement, comme dans un conte hindou, se mettrait en quête de sources pour s'alimenter.

W. Köhler prend comme exemple-type d'un « système ouvert à l'état stable », non pas un lac, mais la flamme d'une bougie. La flamme, après une courte période de « croissance », maintient une dimension et une forme constantes, non selon un « équilibre » à proprement parler, car cela signifierait que l'énergie potentielle du système a été réduite au minimum, mais selon un état stable — steady state — dans lequel elle dépense, par seconde, toute la quantité d'énergie potentielle qui peut passer par la mèche enflammée. Si l'on considère l'ensemble « flamme-atmosphère environnante » comme un système fermé, l'énergie potentielle du système diminue constamment. Mais comme la mèche enflammée est la seule possibilité pour cette diminution, la tendance même de l'énergie potentielle à diminuer le plus possible fait que la flamme contient à chaque instant un maximum constant d'énergie potentielle. En considérant la flamme isolément, on pourrait donc croire qu'elle contrevient au principe de minimum d'énergie potentielle, alors que justement elle lui obéit, en se mettant à chaque instant en état d'en dissiper le plus possible. L'entropie ne reste localement constante que par l'effet de sa tendance même à être maximale. L'organisme, de même, ne maintient son état qu'aussi longtemps qu'un flux de nourriture est à sa disposition et qu'il peut prendre des substances de faible entropie (ou hautement organisées), et excréter des substances de grande entropie (moins organisées).

Mais cette comparaison avec la flamme n'ajoute absolument rien à la comparaison avec un lac. La mèche enflammée est un déversoir, une voie d'écoulement, et la bougie a, schématiquement, tout autant droit à être assimilée à un tuyau qu'une rivière ou un lac. Elle est faite de main d'homme, expressément pour laisser couler un flux constant d'énergie, et la mèche est un déversoir à usure prévue, qui ne se répare pas, mais où des parties intactes apparaissent à mesure que les réserves de substance diminuent. Il en existe il est vrai des équivalents non artificiels : un morceau de bois enflammé dans un incendie de forêt se met aussi de lui-même dans un état stable ; ou encore — ce qui est si important dans le statut du cosmos — une étoile normale du type soleil consomme son hydrogène, non d'une façon explosive, mais en maintenant, par une sorte de pseudo-*feed back*, un flux constant de dépense d'énergie. Seulement, il est aisé de voir, même dans ce dernier cas, un effet de « membrane » ou de « canalisation », les couches extérieures de l'étoile servant,



comme l'ont montré Eddington et Gamow, de parois d'écoulement, dont la pression s'ajuste à la pression de radiation. Dès que cet effet de canal, pour une raison mal déterminée, disparaît, il se produit une catastrophe et l'étoile se transforme en Nova.

### Organisme et couplage énergétique.

Tout ce que peuvent apprendre ces comparaisons d'un organisme avec un système ouvert, c'est l'extrême importance de la forme « tuyau », conformément à l'idée ingénieuse de Lichtenberg. Dès que, dans les amas de la nature physique, les lois secondaires façonnent par hasard quelque chose qui ressemble à un tuyau ou à un déversoir, la marche des phénomènes ressemble, *au point de vue énergétique*, à un processus organique constitué. Mais c'est une étrange illusion de croire résolu ainsi le problème de la morphogénèse active. Comme le remarque très bien F. Meyer (1) et comme nous l'avions remarqué nous-même (2) le couplage « flux d'énergie libre » — « niveau constant d'entropie », ou même « diminution locale d'entropie », permet de dire que l'organisme ne contrevient pas aux lois de la physique, mais il n'explique par l'organisation du système. Le couplage explique, mais lui-même reste inexpliqué : « Si l'être vivant est incapable de créer sans compensation de l'entropie négative (ou de l'ordre), il reste qu'il en crée avec compensation... ce qui souligne un comportement contingent par rapport à ce que la thermo-dynamique est capable d'exiger ». Quand il utilise des réserves organiques, l'être vivant réorganise certaines de ses parties en désorganisant d'autres parties, « sans que jamais le phénomène soit contraire à la thermodynamique, mais sans qu'il en soit jamais non plus une conséquence nécessaire » (3). Un canal à écluses, où les bateaux peuvent monter aussi bien que descendre, ne viole pas la deuxième loi de l'énergie, il utilise de l'énergie libre,

(1) *Problématique de l'évolution*, p. 183 sqq. (P.U.F.).
(2) *La cybernétique et l'origine de l'information*, ch. v (Flammarion).
(3) F. Meyer, *Problématique de l'évolution*, p. 189.

et il la dégrade, pour la descente des bateaux comme pour leur montée. Mais il faut une structure aménagée et entretenue (1). Surtout, si l'on observe le comportement concret d'un animal, on voit clairement qu'il n'attend pas passivement le flux d'énergie libre, il provoque cette rencontre, il en prend l'initiative, et c'est lui qui en est responsable. Il recherche activement le couplage, par la chasse et par l'exploration du milieu. Il ne fait pas que se mettre en quête d'un phénomène extérieur spontané, « il provoque lui-même ce phénomène, en tuant et en désorganisant sa proie. Il y a déclenchement de phénomènes, mobilisation et causation efficiente » (2). L'organisme est un « canalisateur actif », un piège à énergie qui s'organise lui-même. Parce que le courant d'eau fait marcher la scierie ou le moulin, il n'est pas permis de croire qu'il en explique la construction.

L'ingénieur humain qui construit les systèmes de tuyauteries ou de pièges à énergie, utilise encore, pour le montage des machines, de l'énergie disponible, et même quand il travaille de ses mains, il utilise des machines organiques. Mais il faut bien arriver à un point de départ où l'énergétique se confond avec la formation, où la « conscience survolante », c'est-à-dire l'unité domaniale, la « surface absolue », ou l'« étendue-vision », est à la fois principe d'énergie, de liaison, et principe de formation, sans relais intermédiaires, sans usage de liaisons secondaires. Ce point de départ, nous l'avons vu, se trouve dans la microphysique, dans les domaines d'individualité primordiaux, et dans leurs comportements de liaison. En de tels domaines, il n'y a pas de machines, pas de tuyaux, où circulent en masse d'autres individualités utilisées. Mais il y a possibilité de formation de telles machines, en relais indéfiniment superposés, en cycles de fonctionnement engrenés les uns dans les autres, qui obéiront une fois montés aux lois de la thermodynamique, mais qui, dans leur montage, ne dépendent pas de ces lois,

(1) Comparaison de Barron, cf. H. BLUM, *Time's arrow and evolution*, p. 110 et 119.
(2) F. MEYER, *op cit.*, p. 190.



puisque la chaîne de montage commence dans un domaine individuel où, par définition, il n'y a pas encore de lois statistiques. Un virus, dans son comportement, est encore directement tributaire de la micro-énergétique, et il est capable de l'utiliser pour une morphogénèse qui conduira aux organismes complexes. A ce niveau, fonctionnement et formation sont encore confondus comme dans la molécule ; et à partir de ce niveau, s'ouvrent encore les deux voies divergentes qui conduiront, l'une aux amas plus ou moins réguliers d'individus, l'autre aux perfectionnements de l'organisation individuelle, dont le schéma le plus simple est la formation d'un tuyau, par bouclage du domaine d'individualité.

### L'ORGANISME ET LA NUTRITION PAR « ENTROPIE NÉGATIVE ».

On voit clairement combien trompeuse est l'idée à la mode d'après laquelle l'ordre de l'organisme, son « information » au sens à la fois aristotélicien et cybernéticien du mot, est sans mystère, puisqu'il se nourrit d'entropie négative, de nég-entropie, et qu'il utilise un « courant d'ordre ». Cette idée revient à confondre le plan horizontal des équilibres ou des flux énergétiques et le plan vertical de la structuration, le canal et ce qui est canalisé. Elle est contraire au principe de Frey-Wyssling : *« Omnis structura e structura »*. L'ordre d'une structure ne peut naître que d'une structure presque semblable et non d'un ordre *quelconque*. La confusion est favorisée par le fait que l'aliment d'un organisme est à la fois énergétique et réparateur, réparateur des micro-structures subordonnées. Si le directeur d'une usine reçoit par le même train du charbon et des pièces détachées pour la réparation des machines, il n'en faut pas conclure que « l'énergie libre » du charbon explique l'organisation de l'usine. En gavant une oie, on ne la fait pas monter dans l'échelle des êtres organisés. Les affaires se traitent parfois dans les bons restaurants, mais la valeur de l'homme d'affaires n'est pas fonction de ce qu'il y absorbe. Pour *étendre* une information ou une

organisation, par exemple, pour imprimer un journal à de multiples exemplaires ou pour transmettre sa science à des disciples, il faut détruire au moins autant de nég-entropie (sous forme d'énergie électrique, ou d'énergie chimique alimentaire). *La somme* de l'information et de la nég-entropie, remarque L. Brillouin, ne peut que demeurer constante. Mais cette convertibilité de l'ordre énergétique et de *l'extension* de l'information, ne doit pas être confondue avec la convertibilité de l'ordre énergétique et de l'ordre structural ou de *l'augmentation* d'information. L'électricité ne peut rédiger le journal ni l'aliment instruire le maître.

Il est extrêmement significatif que, dans l'embryologie des mammifères, le début du développement, où l'organisation progresse très rapidement par segmentation et mise en place des ébauches, s'opère avant l'implantation placentaire, sans aucun courant nutritif externe, et que, dans l'œuf des oiseaux et reptiles, la nourriture soit accumulée en bonne place *avant* d'être employée par l'embryon qui l'enveloppe et qui fabrique au plus vite des appareils de pompage.

On emploie souvent le mot « nutrition », dans une métaphore légitime et intéressante, pour désigner un « profit » structural édificateur, aussi bien dans l'ordre vital que dans l'ordre psychologique ou culturel. On est nourri, disait-on autrefois, « aux lettres » ou « aux sciences ». On se nourrit d'exemples, d'expressions utilisables pour la forme que l'on est en train de construire. Un polyglotte assimile des expressions toutes faites de la langue étrangère étudiée ; un entrepreneur reçoit, pour la maison qu'il construit, des briques et des tuiles, et aussi des idées de construction dont il s'inspire en les imitant. Un animal, grâce à l'incitation sociale, est plus vite capable de manifester ses instincts. La culture d'une société humaine est essentiellement une possibilité permanente de « nutrition informative ». Cette sorte de nutrition « verticale », morphogénétique, par imitation, assimilation, utilisation, résonance, incitation, « édification », « bon exemple », représente bien, si l'on veut, un « courant d'ordre », ou plutôt d'ordres spécifiques, déjà eux-mêmes produits d'efforts constructifs et utilisables



seulement par un agent dominé par un thème morphogénétique. Mais ce courant d'ordre est fort différent de celui auquel pense Prigonine. Au niveau microphysique, les deux genres d'ordres sont encore non distincts : la causalité, l'influence externe, y est à la fois énergétique et « édifiante ». Les éléments interagissent par résonance, compatibilité ou incompatibilité d'états ; les apports d'énergie ne peuvent se faire sans restructuration ; cinématique et dynamique ne font qu'un. Un atome n'est pas comme une maison en construction dont l'entrepreneur peut recevoir séparément d'une part des plans d'architecte et d'autre part, des sources d'énergie et des matériaux pour les réaliser. Les grosses molécules et les virus gardent encore quelque chose de cette indistinction. Mais dans tous les organismes supérieurs, les deux courants d'ordre sont distincts et ne peuvent plus être confondus sans risque d'équivoque grave. Un type de nutrition n'explique pas l'autre.

## Chapitre III

# LA REPRODUCTION INTERNE

La reproduction de la forme par sa propre activité est, avec la subsistance active, la propriété caractéristique des formes organiques. Cette propriété ne fait qu'un avec le « verticalisme ». En d'autres termes, il est impossible d'expliquer la reproduction de la forme A, se dédoublant et devenant A'-A'', par exemple dans une division cellulaire, comme un fonctionnement « horizontal » de A. Il en est encore évidemment de même quand la reproduction d'un multicellulaire s'opère par l'émission d'une cellule germinale qui, par division et différenciation, refait un autre multicellulaire semblable au premier. Un fonctionnement implique que les parties liées d'une machine ou d'un système se meuvent selon leur degré de liberté, sans rompre leurs liens.

### « Reproduire » et « se reproduire ».

Comment le fonctionnement d'une machine pourrait-il aboutir à la duplication de la machine par elle-même ? Il existe des machines à reproduire à de nombreux exemplaires une structure-type qui leur est fournie, et, nous l'avons vu, von Neumann a insisté sur le fait, ou sur la possibilité logique, que cette structure-type peut être la même que celle de la



machine fabricatrice, « instructions » comprises. *Mais c'est là « reproduire » et non « se reproduire »*. La machine primitive ne *devient* pas deux machines jumelles comme la cellule en division devient deux cellules jumelles.

Encore moins devient-elle une machine double, une machine symétrique ou segmentaire, dans laquelle une unité continue à dominer des parties dédoublées devenues ses organes. A la rigueur, tant que l'on considère seulement la division reproductive d'un virus ou d'un gène, il est concevable d'y voir un « reproduire », et non un « se reproduire », d'y voir une impression mécanique, puis la séparation de la partie moulante (*template*), et de la partie moulée (1). C'est concevable à condition de voir les choses de loin, mais selon toute probabilité, c'est faux. Il paraît en effet de plus en plus certain que les gènes comme les virus, se reproduisent, non par fission, mais par édification active induite à distance, d'un double d'eux-mêmes. L'image d'un moulage, empruntée aux phénomènes à notre échelle, n'a pas d'application à l'échelle des architectures moléculaires. Comment un édifice complexe à trois dimensions pourrait-il, par « impression », reproduire le *pattern* de ses liaisons internes ? Autant admettre que la Tour Eiffel pourrait produire une autre tour semblable si on la plaçait dans une immense cuve contenant ses éléments en pièces détachées. Mais surtout, et de toute manière, si les divisions de reproduction n'étaient que des « moulages », il serait impossible de comprendre les divisions de développement et la « reproduction interne ».

### Les dédoublements dans le développement.

On ne comprend rien à la reproduction ou au développement organique si l'on ne tient pas compte du fait, pourtant si voyant dans la plupart des morphogénèses organiques, que la forme totale progresse par dédoublement ou multiplication dominée, par segmentation, par répétition sérielle ou symétrique de parties

(1) Cf. H. Blum, *Time's arrow and evolution*, p. 132.

semblables. La première phase du développement d'un multi-cellulaire consiste dans le dédoublement de la cellule initiale, devenant deux cellules qui ne se séparent pas, comme dans la division d'un protozoaire, mais qui sont parties symétriques d'un être unique, et qui se dédoublent à leur tour. Aux phases ultérieures, la même « reproduction interne » continue à jouer un rôle capital. Au lieu de cellules, ce sont des ébauches entières qui se dédoublent. Des segments semblables, métamères ou somites, apparaissent dans l'embryon des vers, des arthropodes, des vertébrés, et, dans l'organisme adulte, on discerne aisément les traces de cette formation par segmentation, plus ou moins dissimulée par les différenciations ultérieures. La « reproduction interne » peut prendre des formes radiées, comme chez les étoiles de mer, les oursins, les méduses. Ou encore elle peut ressembler, chez les animaux, à ce qu'elle est chez les végétaux, et le développement peut s'effectuer par des bifurcations de types variés. Des colonies animales peuvent ressembler à des arbres, ou à des fleurs composées.

Le fait que nous avons deux mains, deux yeux, deux reins semblables, et que nous soyons un seul être, témoigne d'une manière décisive contre les mathématiciens ou les physiciens qui prétendent expliquer la reproduction — on devrait pouvoir dire la « se-reproduction » — par le fonctionnement d'une machine à reproduire. Lorsqu'une cellule se dédouble, dans la segmentation d'un œuf de multi-cellulaire, où, comment et de quoi peut-il y avoir fonctionnement ? Les différentes phases d'un fonctionnement doivent, par définition, pouvoir être mises en relation « un à un ». L'ensemble $a' + a''$ ne peut être mis en relation un à un avec $a$, précisément parce que $a'$, aussi bien que $a''$ ressemble trait pour trait à $a$. Le fait que, *dans* l'ensemble $a'$ $a''$, $a'$ d'une part, $a''$ d'autre part, peut être mis en relation « un à un » avec $a$, et lui est isomorphe, exclut que l'ensemble lui-même puisse être mis en relation « un à un » avec $a$ et lui soit isomorphe. Il en dérive, mais il ne peut résulter de son fonctionnement. D'autre part, $a''$ ne peut résulter du fonctionnement de $a'$, ou $a'$ du fonctionnement de $a''$, puisque



$a'$ et $a''$ apparaissent simultanément dans la cellule $a$, qui, aux premières phases de la division, est une forme unique avec plan de symétrie. Il est également impossible de dire que notre main gauche résulte du fonctionnement de notre main droite, ou que nos deux mains résultent du fonctionnement d'une structure unique contenue dans l'œuf d'où nous sommes sortis. Il est également impossible de dire que, de deux jumeaux, l'un résulte du fonctionnement de l'autre, ou que les deux résultent du fonctionnement de l'œuf primitif unique. La reproduction interne, encore plus que la reproduction numérique, manifeste l'action « verticale » d'un thème formel. L'arrangement sériel des rudiments d'un organe — si visible par exemple dans la nageoire de la raie, ou dans la palette embryonnaire d'une main humaine, apparaît comme un principe actif de structuration, « comme une opportunité pour obtenir d'abord, sous une forme simple, la matière première de construction pour des formes plus compliquées » (1). Cette force simple, obtenue par segmentation, n'est retenue que dans la mesure où l'organisme adulte peut s'en accommoder. La segmentation, la symétrie bi-latérale, radiale, ou bifurquée, est subordonnée à un thème morphogénétique, dont l'action n'est pas explicable mécaniquement. Une hiérarchie verticale de thèmes formels s'établit, dans laquelle des parties d'abord semblables, dominées, mais gardant une demi individualité, peuvent ainsi se différencier dans un domaine unitaire. Bref, un progrès, et non une multiplication de la forme devient possible.

### Reproduction interne et équipotentialité.

Le néo-vitalisme contemporain, celui de Driesch, a pris naissance précisément sous le choc de l'expérience d'une « reproduction interne » : une moitié d'œuf d'oursin, une seule des deux cellules résultant de la première division de l'œuf, peut fournir un embryon entier. Mais ce n'est pas sous cet aspect qu'elle a frappé Driesch. Il décrit le phénomène, d'une façon

(1) A. Portmann, *Animal forms and patterns*, p. 38.

plus générale, et très légitimement d'ailleurs, comme « équipotentialité », et il montre, non moins légitimement, que l'équipotentialité d'une partie et du tout exclut toute possibilité d'une explication mécanique (1). Le raisonnement par lequel il le montre est en substance le même que celui par lequel on peut prouver que l'auto-dédoublement d'une forme, dans la reproduction interne, ne peut être un fonctionnement de cette forme. Soit un rectangle *ab* (*fig.* 8), représen-

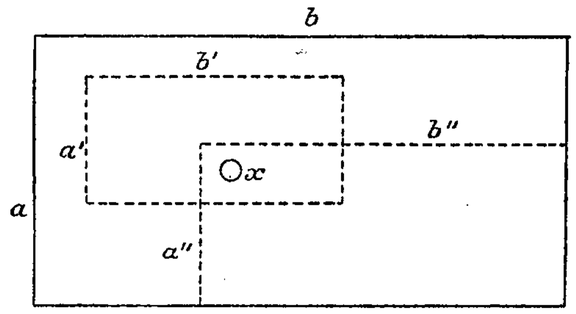


Fig. 8

tant le développement normal (par exemple, de l'œuf d'oursin sur lequel aucun expérimentateur n'intervient). On peut dire alors que chaque partie du rectangle, par exemple le point $x$ a un « destin » (signification prospective). Le point $x$, ou sa région, deviendra par exemple tissu nerveux. Mais si, en isolant *a' b'*, ou *a'' b''*, on obtient encore un développement normal et un individu complet, il faut bien que $x$ devienne autre chose que ce qu'il serait devenu en *ab*, et qu'en plus de sa signification prospective, il ait une « potentialité prospective », beaucoup plus vaste. Il faut qu'il soit en rapport, ainsi que toutes les autres parties, avec un « facteur de totalité », E.

L'argument de Driesch revient à dire qu'il ne peut y avoir relation « un à un » entre la phase I et la phase II du développement — en d'autres termes, qu'il

(1) Driesch, *Philosophie de l'organisme.* (Rivière, 1921), p. 101 sqq.



ne peut y avoir fonctionnement, s'il y a reproduction interne, si une partie peut refaire le tout, ou si le tout fait ses propres parties non pas en se découpant, mais en se reproduisant lui-même. Et Driesch n'a pas tort, malgré les maladresses de son vocabulaire, qui fait appel à de mystérieuses entités, de définir l'équipotentialité de la façon la plus générale, puisqu'elle apparaît non seulement dans les premiers stades du développement, mais dans le mode de développement des aires embryonnaires, dans la régénération, dans la fusion accidentelle des ébauches de deux organes pairs — sans parler des phénomènes psycho-biologiques de la perception, de la mémoire, de l'habitude et de l'apprentissage, qui rendent manifeste l'équipotentialité du cerveau ou des aires cérébrales.

Seulement, dans le cas particulier de l'œuf d'oursin, les faits laissaient ouverte, en apparence, la possibilité d'une explication plus simple qui dispensait, en apparence, d'invoquer un facteur $E$ de totalité ou une entéléchie. Il suffisait, semble-t-il, d'admettre que les premières divisions de l'œuf, produisant les deux, ou quatre, ou huit premières cellules, sont en fait des « divisions de reproduction », non différentes des divisions de reproduction numérique d'un protozoaire. On ne s'étonne pas que chacune des deux amibes-filles ait le comportement de l'amibe-mère. Pourquoi s'étonnerait-on que chacune des deux ou quatre premières cellules de division de l'œuf d'oursin puisse devenir oursin, aussi bien que l'œuf entier ? La propriété de reproduction de l'organisme dispense, croit-on, de recourir à la propriété mystérieuse d'équipotentialité, et même, elle explique le progrès structural, l'augmentation de complexité produite par le développement. Les individus accolés, en effet, après multiplication numérique, ont entre eux des rapports nouveaux, occupent les uns relativement aux autres des places différentes, ce qui conduit à des différenciations de rôle et par suite de structure. Il n'est pas surprenant qu'une société de huit ou seize individus ait, comme telle, des propriétés différentes de celles d'un individu isolé, même si, primitivement, chacun des huit ou seize individus était semblable aux autres. Si l'on

accorde que la répétition spatiale d'une forme ne demande aucune entéléchie, si l'on accorde ensuite qu'une société d'individus fait naturellement apparaître des propriétés nouvelles dérivées des relations nouvelles, il n'y a plus de mystère dans le développement. Le mystère de l'équipotentialité est dissipé en même temps que le mystère de l'épigenèse (1).

Malheureusement, cette « explication » ne vaut pas, puisque, nous l'avons vu, la reproduction suppose elle-même l'équipotentialité, n'est que l'équipotentialité sous une autre forme, et puisque les deux propriétés ne sont que deux manifestations différentes du « verticalisme » ou du thématisme des formes organiques. Dans le développement de l'oursin et de tous les organismes à régulation, les premières divisions peuvent passer en effet pour des divisions de reproduction, où simplement les produits resteraient accolés. Mais il faut bien que, progressivement ou brusquement, la reproduction numérique — même à supposer qu'elle soit d'abord seulement numérique — devienne reproduction interne, que les cellules-filles deviennent parties d'un être après avoir été chacune un être. L'essentiel est précisément dans cette possibilité d'hésitation entre les deux types de reproduction.

### Reproduction interne et augmentation de complexité.

D'autre part, contrairement à ce que soutient Woodger, la seule répétition d'un objet dans l'espace, suivie de l'accolement ou d'une mise en relation spatiale des objets ainsi produits, ne suffit pas du tout à expliquer l'augmentation de complexité du système. Il est incontestable qu'un amas, comme tel, obéit à des lois différentes de celles qui s'appliquent aux objets qui le composent. L'océanographie est une science toute différente de la chimie de l'eau ou du sel. Mais « lois différentes » ne veut pas dire « complexité augmentée ». L'océan n'est pas un être dont les molécules d'eau ou de sel seraient les organes, et la

(1) Cf. Woodger, *Q. Rev. Biolog.*, p. 202.



structure d'une vague est certainement plus simple que la structure d'une molécule d'eau. Une roche de grès n'est que du sable aggloméré, mais en tant que roche, elle n'est pas un être plus complexe que chacun des grains de sable ou que chacune des molécules de silicate qu'elle contient. Et ces molécules ne se différencient pas réellement selon leur place dans l'ensemble. Il y a, nous le verrons, toute une sociologie possible des formes organiques et de leur développement, mais à condition de donner au mot «société» son vrai sens, et non d'entendre par « société » une simple juxtaposition d'individus. Une société en général implique toujours que les individus qui la composent obéissent à toute une série de thèmes de coordination, et qu'ils savent jouer leurs « rôles » selon diverses situations-stimuli ; « rôles » qui ne naissent pas automatiquement, comme l'effet d'une cause, de la seule situation spatiale de l'individu dans l'ensemble social. On ne peut dissiper le mystère de la différenciation en faisant de celle-ci l'effet des différences de situation produites par les divisions égales. Ces différences sont des stimuli et non des causes.

### Le cas du volvox.

Considérons le cas du Volvox et des formes coloniales apparentées, où l'on trouve toutes les transitions, des colonies cellulaires peu intégrées aux colonies bien unifiées et ressemblant à un individu unique (1).

Un Volvox est constitué d'environ deux mille cellules vertes à double flagelle arrangées en une sphère creuse légèrement allongée. Les cellules sont presque semblables, mais une certaine différenciation et une certaine division du travail apparaissent. L'axe allongé de la sphère, ou de l'ellipsoïde, détermine une polarité. Le Volvox tourne autour de cet axe. Les cellules de l'hémisphère supérieur sont plus larges et plus vertes. A la rigueur, cette différence pourrait s'expliquer, de la manière que suggère Woodger, par le seul fait qu'elles sont situées au sommet et reçoivent la lumière plus directement. Mais ce n'est

(1) Bonner, *Cells and societies*, Princeton 1955, p. 101.

certes pas la situation seule qui explique le curieux mode de reproduction de la colonie. Les cellules reproductrices appartiennent exclusivement à l'hémisphère sud. La cellule reproductrice grossie se divise et forme ainsi une sorte de poche vers l'intérieur de la sphère (*fig.* 9). Ensuite, la colonie-fille se détache complètement et nage à l'intérieur de la colonie-mère pour n'être libérée qu'à la mort de celle-ci. Mais le fait remarquable est que, en même

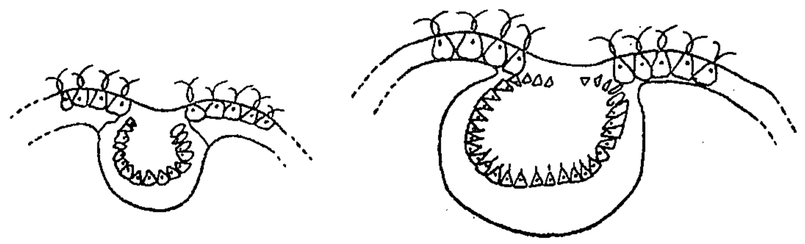

Fig. 9

temps qu'elle se détache, elle se retourne comme un doigt de gant, de manière à avoir les flagelles dirigées vers l'extérieur.

On a donc ici un exemple frappant du fait que le « rôle » n'est pas dû à la seule situation, mais qu'un rôle donné, avec une consistance thématique propre, *cherche une situation* appropriée. Cet exemple est loin d'être isolé. Les éponges présentent le même retournement. Dans une foule de cas, on observe en même temps, dans les mêmes organismes, d'une part des différenciations de rôle et de structure dans les cellules constituantes, qui *semblent* résulter de leur situation dans le tout, et d'autre part, des migrations morphogénétiques *vers une situation appropriée* à un rôle et à une structure toute constituée.

On sait que les cellules, tamisées et dissociées, d'une éponge, ne tardent pas à s'agréger et, en quatre jours environ, à reformer une éponge-type avec ses diverses fonctions. Les cellules gardent leur rôle et leur différenciation malgré le tamisage, et elles gagnent leur place dans la nouvelle éponge selon ce rôle. Cependant, il est probable



que parfois aussi certaines cellules, après l'opération, peuvent changer de type.

Le cas de l'hydre est encore plus caractéristique. On sait, depuis Trembley, que cet animal a de fantastiques propriétés de régénération. N'importe quel morceau de l'hydre, à l'exception des tentacules, peut reconstruire les parties perdues, sans absorber de nourriture et en ré-arrangeant le matériel qui lui reste. Cette opération implique que des cellules qui, auparavant, accomplissaient une certaine fonction à une certaine place se modifient et assument une nouvelle fonction dans l'organisme régénéré. Toutefois, les cellules de l'endoderme et de l'ectoderme ne sont pas interchangeables : une masse de cellules endodermiques est incapable de rester unie ; une masse de cellules ectodermiques ne peut que former une sphère creuse qui ne se différencie pas ; il faut les deux espèces de cellules dans le fragment régénérateur. Dans une hydre retournée en doigt de gant, la régulation ne peut se faire que par migration cellulaire et non par différenciation sur place : le « rôle » une fois déterminé, détermine la localisation. On peut donc en conclure que, même dans le cas où la localisation semble déterminer à elle seule le rôle et la différenciation, il s'agit de « détermination » au sens biologique du mot, c'est-à-dire de la fixation de tout un « destin » par un stimulus, et pas du tout d'un déterminisme par cause et effet.

Le cas du Volvox est encore intéressant à un autre point de vue. Les cellules à flagelles contribuent au mouvement d'ensemble de la colonie, soit comme des individus relativement autonomes dans une société, soit comme des supports d'un thème unique de mouvement. Quand le Volvox nage vers une source de lumière, ce mouvement d'ensemble est obtenu en réalité par des réponses individuelles des cellules constituantes : les flagelles du côté non éclairé battent d'une manière dissymétrique et efficace, tandis que les flagelles éclairés n'ont qu'un mouvement « neutre ». Par contre, le mouvement de rotation, ou son renversement, dépend d'une sorte d'onde de mouvement, qui domine les activités cellulaires individuelles.

LES AMIBES COLONIALES.

La colonie d'amibes *Dictyostelium*, étudiée récemment par Bonner (1), fait voir clairement le passage de la division de reproduction à la différenciation « totalitaire ». Son cycle de vie commence à partir d'amibes, naissant elles-mêmes de spores. Ces amibes mènent d'abord une vie individuelle et indépendante ; elles se déplacent comme des protozoaires et se multiplient activement. Mais quand elles ont atteint une densité critique, elles semblent attirées l'une vers l'autre.

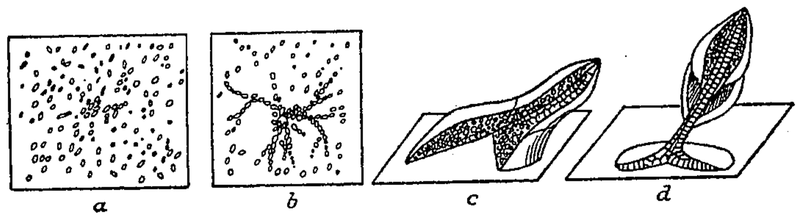


Fig. 10

D'abord quelques unes commencent le rassemblement, puis, en courants convergents, elles s'agglomèrent toutes en une masse comprenant quelques milliers d'amibes (*fig.* 10, *a* et *b*). Cette masse commence alors un mouvement général, composé en fait des déplacements amiboïdes des cellules constituantes, les amibes de tête laissant derrière elles une trace qui semble guider les autres amibes. Puis, la masse se différencie d'une façon plus complexe : elle se dresse verticalement et forme une sorte de champignon au pied allongé et mince et à la tête arrondie, dans laquelle un certain nombre de cellules se transforment en spores. Le pied allongé se forme lui aussi avec différenciation des amibes constituantes, qui se vacuolisent et s'enferment dans une gaine de cellulose (*fig.* 10, *c* et *d*).

Ces mouvements morphogénétiques d'agglomération, de migration, de fructification, sont très probablement déclenchés et guidés par des stimuli spéciaux. Ces

(1) BONNER, *Cells and societies*, p. 104.



stimuli ont été étudiés (par Pott, Runyon, Bonner) surtout pour le mouvement d'agglomération, où l'on peut prouver qu'il ne s'agit ni d'un champ électrique, ni d'un rayonnement quelconque, mais d'une substance chimique, celle-ci, bien entendu, n'agissant pas comme cause, mais comme stimulus-signal. Mais le problème est déjà beaucoup plus difficile pour la migration d'ensemble de la colonie. Il semble que les cellules de tête émettent la substance guidante en plus grande abondance et constituent ainsi un gradient. Mais on ne voit pas aisément quel peut être le déclencheur initial de la polarité tête-queue et de la distribution spatiale inégale de la substance, qui se produit même quand, expérimentalement, par secouage, on essaie d'empêcher toute dissymétrie. Quant à la morphogénèse complète des porteurs de spores, elle s'explique encore plus difficilement comme une somme de comportements individuels des amibes constituantes. Il est évident qu'il faut, non seulement que chaque amibe individuelle soit « compétente » pour répondre aux divers stimuli dans les diverses situations, mais soit virtuellement porteuse de l'ensemble du thème « colonie », puisqu'une colonie entière peut naître d'une seule amibe.

Il est impossible en tout cas de dire que les divisions amibiennes égales de reproduction (au cours de la phase pré-coloniale), expliquent la formation de la colonie, son développement structural, son augmentation de complexité, son caractère équipotentiel et ses possibilités de régénération (qui se manifestent quand on divise l'agglomération ou la colonie migrante), puisqu'il y a une reproduction de la colonie comme telle, qui passe par la phase de pure croissance — celle de la reproduction des amibes individuelles — avant d'arriver à la phase de différenciation, sans croissance, par mouvements morphogénétiques de différenciation.

La même hésitation entre « être un individu » et « être l'organe d'un individu » se retrouve partout dans le domaine organique. Il en est ainsi, nous l'avons vu, pour les cellules à flagelles des Volvox, qui peuvent exécuter aussi bien des mouvements individuels que

le mouvement colonial d'ensemble. Il en est de même encore pour les bactéries coloniales ou mixobactéries, découvertes et décrites en 1892 par R. Thaxter, qui ont un cycle de vie semblable à celui de la colonie d'amibes. Il en est peut-être de même — à en croire des biologistes soviétiques — pour le cycle de vie de certaines bactéries, considérées comme colonies de molécules, avec phase moléculaire dispersée. Il en est de même enfin pour les cellules d'un métazoaire en développement, ou de n'importe quel organisme. On ne comprend les rapports de la reproduction numérique et de la reproduction interne, dans la morphogénèse, qu'à la condition d'invoquer un modèle non mécanique, de penser à un thème mélodique individualisé, qui peut, soit se répéter intégralement, soit se distribuer en variations dans lesquelles le thème initial, répété, sert à son propre « développement » (au sens musical du terme).

### L'atténuation des pronoms personnels.

Encore faut-il, en employant le « modèle psychologique », ne pas être dupe d'une psychologie conventionnelle et calquée sur les simplifications du langage. On a souvent dénoncé le caractère « linguistique » de la philosophie d'Aristote, et le caractère « indo-européen » de son substantialisme, qui fait un sort au sujet du verbe comme s'il était une substance métaphysique. Mais la liste grammaticale des pronoms, dans les langues modernes, impose un « postulat invisible » encore beaucoup plus insidieux. *Je, Tu, Il, Nous, Vous, Ils,* paraissent séparés par des abîmes infranchissables. Par suite, les principes d'individualisation et leurs rapports possibles nous paraissent obéir nécessairement aux lois, linguistiques et sociales, des rapports entre individus tout constitués dans l'espace social et numériquement distincts.

Toute la biologie et toute la psychologie montrent pourtant qu'il faut rejeter ce postulat, et « atténuer » les pronoms personnels. « Je » ne suis pas un Je actuel pur. Quand Je me souviens ou quand Il me souvient, ou quand Je rêve, un Je mnémique, un Je,



autre et moi-même, fusionne avec Je actuel. Entre Je et Il, toute une série intermédiaire, comme l'a bien vu la psychanalyse, peut prendre place, qui porte la complexité de mon architecture psychique. « Je » suis fait de tous les autres Je que j'ai déjà produits comme par une sorte de division cellulaire de reproduction interne et dominée. Je suis une colonie aussi bien psychologique que biologique. Nous disons « Je tressaille » ou « je respire » même quand nos muscles n'obéissent qu'à des rythmes presque complètement autonomes. « Sa langue remue, ou il remue sa langue », dit A. Gesell de l'embryon humain, à la phase incertaine où les mouvements qui, plus tard, seront dits volontaires ne sont pas encore complètement coordonnés. Sans doute, dans ce cas précis, on peut admettre que le passage d'une étape à l'autre peut être marqué exactement, en principe, par un phénomène mécanique et spatial, à savoir l'établissement ou le premier fonctionnement d'une connexion nerveuse. Mais il est de nombreux cas analogues où une telle marque est impossible à découvrir, A quel moment pourrait-on dire de l'œuf d'oursin en division : « *Il a* une moitié droite et une moitié gauche », ou « *Il y a* deux cellules semblables accolées », puisque chacune d'elles, capable de former un oursin entier, pourrait encore symboliquement dire « je » ? Les amibes se déplacent-elles en groupes, ou la colonie migre-t-elle ? Le Volvox pourrait-il dire « Je tourne sur moi-même », ou une des cellules constituantes pourrait-elle dire plutôt : « Je fais mouvoir mes flagelles en observant ce que font mes voisines ? »

## Chapitre IV

# MORCELAGE ET SOCIALISATION DU DÉVELOPPEMENT

Par la reproduction interne et par la « distribution » du thème, le morcelage et la multiplicité s'introduisent dans le développement, qui perd son aspect unitaire.

Si l'on consulte un traité d'embryologie, on constate que les chapitres de beaucoup les plus étendus sont consacrés aux recherches expérimentales sur les interconnexions du développement, sur les enchaînements fragmentaires, sur les stimuli qui déterminent tel ou tel développement partiel. Il n'y a pourtant pas d'opposition absolue entre l'aspect unitaire et l'aspect morcelé et interconnecté du développement. Le thématisme vertical est en effet non moins évident dans le développement morcelé, dans le jeu des stimuli et des réponses, que dans le développement unitaire.

### Les intercommunications dans le développement.

S'il y a, en effet, du « de proche en proche » dans le développement, les stimuli qui jouent le rôle de « causes », et semblent déterminer l'enchaînement des phases ou les interactions des parties ne sont pas des causes, dans le sens où la chute d'un domino est cause de la chute du domino suivant. Les stimuli sont des



signaux, des évocateurs. Ils provoquent des réponses dans la partie stimulée compétente, ils provoquent des comportements ou des formations dont le degré de complexité dépasse de beaucoup le degré de complexité du stimulus-signal. Dès que le morcelage du thème spécifique est devenu irréversible dès que ne peut plus jouer, comme au premier stade du développement de l'œuf, cette indétermination d'individualité qui permet encore la fusion ou le dédoublement des ébauches, des intercommunications doivent se produire entre les parties. Des rapports « sociaux » au sens propre du mot, avec moyens de communication, signification active, et « langage », doivent s'établir pour maintenir l'harmonie.

Le développement morcelé est toujours secondaire relativement au développement thématique total. L'enchaînement des signaux et des réponses est une sorte de « montage », d'automatisme substitué. Le fait que ces enchaînements aboutissent normalement, malgré leur allure de causalité *a tergo*, à un résultat valable et non à un résultat quelconque, prouve le caractère secondaire du développement morcelé. Mais les intercommunications et les enchaînements n'en jouent pas moins un rôle immense dans la morphogénèse. De véritables instincts « sociaux » y sont à l'œuvre, qui inter-ajustent les parties de l'organisme comme les instincts sociaux ordinaires inter-ajustent les individus d'une colonie.

On peut dire que les plus récents progrès dans la science de la morphogénèse ont été l'œuvre, non des embryologistes, mais des psychologues de l'instinct, de Tinbergen et de son école, de Lorenz et de von Frisch, qui ont étudié le rôle et la nature des stimuli-signaux dans l'instinct et dans la coordination sociale des organismes. L'étude minutieuse, par exemple, de l'interconnexion des *releasers* et des mélodies motrices en réponse, dans le comportement sexuel de l'épinoche, ou dans la vie familiale de la mouette, est une contribution directe à la connaissance de la morphogénèse. Comme le remarque Tinbergen (1) — et les colonies

(1) *Social behavior in animals*, p. 114.

bactériennes ou amibiennes étudiées par Thaxter et Bonner illustrent parfaitement sa thèse — « les communautés animales dépendent du fonctionnement d'inter-relations remarquablement simples et peu nombreuses. Qu'une communauté se différencie à partir d'une relation entre deux organes dans un corps unique, ou soit édifiée par deux individus indépendants se joignant dans une organisation commune, les relations entre les deux individus, fondées sur un système de *releasers*, commencent à fonctionner dès qu'il en est besoin, ou même avant. Les potentialités sont toujours prêtes d'avance... Quand on étudie la manière dont une communauté est organisée, on est frappé par de nombreuses analogies entre elle et un individu. L'un comme l'autre sont composés de parties constituantes; l'individu est composé d'organes, la communauté, d'individus. Dans l'un et l'autre, il y a division du travail. Dans l'un et l'autre, les parties coopèrent pour le bénéfice du tout et à travers lui pour leur propre avantage. Les partenaires constituants donnent et reçoivent ».

### Communautés organiques et sociologie.

Les différences des communautés organiques ou des sociétés animales avec la société humaine sont évidentes. Les rapports des stimuli et des réponses, les intercommunications, les performances de « rôles » culturels ou politiques, n'ont pas du tout la même origine dans la société humaine, où ils ne dérivent évidemment pas d'une sorte de potentiel, ou d'un thème primaire dont ils seraient le morcelage. Le langage humain, transmis par éducation et imitation psychologique, est fort différent du « langage » des abeilles qui n'a pas à être appris individuellement. L'homme, même dans les sociétés dites primitives, est, dans la plupart de ses actions, en même temps que conditionné par la culture non héréditaire, un calculateur, un joueur, et un stratège. Ces différences ont toujours fait paraître superficielles les théories sociologiques fondées sur la biologie, comme elles font paraître aujourd'hui quelque peu forcée la tentative

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS



ingénieuse et inverse de Dupréel (1) pour fonder la biologie sur la sociologie. Cependant, si l'on convient de ne pas tenir compte des différences d'origine et de nature pour ne considérer que l'allure actuelle des phénomènes, on peut rapprocher communauté organique et société humaine. Une société humaine n'existe que par un potentiel de stimuli et de réponses-types, d'occasions et de rôles-types gardé dans le capital culturel. Le comportement social n'est jamais, en fait, de la part des individus, une pure improvisation. La structure des institutions résulte d'actions où le calcul utilitaire est ritualisé et conventionnalisé (2).

C'est pourquoi, faute d'un code uniforme des stimuli et des réponses, il y a dans les rapports entre cultures humaines différentes, les mêmes méprises tragiques que dans les rapports entre espèces différentes. Si une attitude de soumission est prise pour une attitude de menace ou pour une défaite pure, que le geste soit un rite instinctif ou un rite culturel, les résultats fâcheux sont les mêmes pour les hommes et les animaux. Lorenz (3) cite le cas du malheureux dindon qui tend sa gorge aux coups d'un paon, en une attitude instinctive de soumission, normalement destinée à désarmer son adversaire, mais que le paon ne comprend pas : « Une rencontre entre un dindon et un paon est toujours tragique, et elle se produit assez fréquemment, car les deux espèces, étant apparentées, ont des mouvements d'expression assez analogues pour se faire comprendre. Quand le dindon prend l'attitude de soumission (qui désarmerait complètement un congénère dans une bataille analogue), il se passe alors quelque chose d'atroce : le paon ne comprend pas cette attitude, et il continue à s'acharner sur un adversaire qui s'obstine à ne pas bouger. » Des aventures analogues sont arrivées aux Indiens d'Amérique en présence des Espagnols, ou aux explorateurs européens en présence d'une tribu africaine : « Les premiers explorateurs du Kikuyu, dans l'Est africain, ont pris pour une réception honorifique ce qui était une marque d'hostilité... Les relations amicales, chez ce peuple, prennent un tout autre aspect » (4) Von Frisch,

(1) *La pragmatologie* (Bruxelles).
(2) Talcott Parson.
(3) Lorenz, *Les animaux, ces inconnus*, p. 135.
(4) M.J. Herskovits, *Man and his works*, p. 138.

mêlant dans une même ruche des abeilles italiennes et des abeilles de Carniole, dont le « langage » est quelque peu différent — les italiennes dansent moins vite, font moins de danses frétillantes en ligne droite par minute pour indiquer une distance donnée, que les abeilles de Carniole — (1), il provoque des malentendus et des erreurs. Très probablement, les difficultés de l'hybridation et l'infécondité des hybrides tiennent de même au manque d'ajustement « social » entre stimuli et réponses, faute d'un code instinctif identique.

Si l'on considère dans leur ensemble, comme on en a le droit, tous les faits de morphogénèse, toutes les formations, individuelles et sociales, et si l'on donne le nom de potentiel à l'ensemble des thèmes verticaux qui assurent la formation, on peut dire que le potentiel d'une espèce est un tout « collectif », qu'il est à l'état « dispersé » ou « social », au sens où Whitehead emploie le mot (2). Le corps d'un animal « est une société impliquant un grand nombre d'« occasions » coordonnées spatialement et temporellement ». Une espèce, avec ses types d'organismes mâle, femelle, ou neutre, avec ses castes, avec ses types de vie individuelle ou sociale, ses formes et comportements embryonnaires, larvaires, ou adultes, est essentiellement tout un lot de thèmes qui peuvent être évoqués à propos, dans une multitude de circonstances, par inter-stimulation ou par stimulation d'une situation-type du milieu habituel. C'est une sorte de « culture » biologique analogue, bien que d'origine toute différente, à ce qu'est la culture ou l'ensemble des « rôles » et des attitudes sociales dans une société humaine.

On peut comparer, avec encore plus d'exactitude, la morphogénèse de toutes les formes d'une espèce vivante. non pas à la morphogénèse d'une société humaine réelle, mais à la morphogénèse d'une société humaine « idéale », telle qu'elle apparait dans les rêveries des utopistes « hédonistes », comme Rabelais ou Fourier. Un multicellulaire, dans toutes ses formations organiques ou colo-

(1) Von Frisch, *Lernvermögen und Erbgebunden Tradition im Leben der Bienen*, p. 20.
(2) *Adventures of Ideas*, p. 238.



niales, est une sorte d'abbaye de Thélème, ou de phalanstère, où les instincts des individus constituants s'ajustent d'eux-mêmes, sans gouvernement localisé, et sans contrainte extérieure, où les rôles se trouvent distribués par le seul jeu des stimuli et des réponses, jeu apparemment capricieux, mais réglé par des instincts harmonieux et « providentiels ». Le rapprochement est d'autant moins forcé que, bien entendu, en fait, Rabelais et Fourier s'inspirent eux-mêmes d'un modèle tout biologique, et veulent transposer dans l'ordre humain l'harmonisation spontanée par les instincts et le providentialisme naturel qu'ils voient ou croient voir dans l'ordre vital. Fourier aurait été ravi de lire la phrase de Tinbergen sur les « interrelations remarquablement simples et peu nombreuses » qui suffisent à l'organisation communautaire ; il y aurait vu une confirmation de sa théorie des « passions fondamentales ». La sociologie de Rabelais ou de Fourier est puérile, appliquée à l'homme, mais elle représente assez bien la « sociologie » organique. Dans un organisme sain, les cellules ou les tissus font ce qu'ils ont à faire sans contrainte, en réponse instinctive à des incitations venues des cellules voisines ou des indicateurs nerveux ou hormonaux. Si l'on parle souvent, par métaphore, d'anarchie cellulaire, il ne s'agit certainement pas d'anarchie-révolte, mais plutôt d'erreurs des instincts formatifs, trompés par des stimuli accidentellement modifiés.

Dans les sociétés animales, il est vrai, on a pu mettre parfois en évidence des contraintes sociales, parfois fort rudes : ainsi, le massacre des mâles par les abeilles ouvrières, ou l'expulsion brutale, par les fourmis Atta, des reproducteurs ; mais ces contraintes ne sont jamais d'origine « gouvernementale ». Les spécialistes des sociétés d'insectes ont découvert récemment (1) le rôle joué, dans les activités constructives, par les leaders spontanés, par les individus plus actifs qui servent de « centre d'excitation ». Certaines fourmis, par exemple, jouent ce rôle « non pas en donnant des directives aux autres fourmis, mais en répondant avant les autres au stimulus du « travail à faire ».

(1) D.W. Morley, *The ant world*, p. 10 et 76.

Citons encore D.W. Morley ; il est impossible de ne pas évoquer les développements complaisants de Fourier : « La mise au travail de vingt et trente fourmis leaders excite bientôt chez les autres le besoin ou de manger ou de sortir pour chercher des provendes, ou l'instinct de réparer une partie endommagée du nid, ou de construire de nouvelles chambres pour le couvain... Les travaux exécutés par chaque fourmi changent quand de nouveaux stimuli entrent en action... Lorsque le travail en cours est presque terminé ou quand une fourmi leader a longtemps travaillé et se fatigue, le pouvoir attractif qui tenait les autres individus au travail diminue. Les travailleurs deviennent plus sensibles au pouvoir attractif d'autres tâches... Ainsi, par attraction et contre-attraction, la série complexe des travaux est commencée, continuée, et menée à bien. » A propos des communications entre individus, par contact des antennes, odeurs, ou stridulations, Morley signale lui-même le cas où les messages d'une fourmi leader excitée au lieu de signifier quelque chose comme l'habituel stimulus : « Je suis très occupée à faire ceci », semble se changer en un péremptoire : « Viens ici et fais cela. » « Il arrive même que la fourmi excitatrice prend une autre fourmi et l'amène de force à l'endroit où la nourriture a été découverte. » Mais c'est très rare, et dans le comportement normal, la contrainte tient une très petite place, cette contrainte qui, d'après Fourier, trahit toujours, chez l'homme politique, un manque de génie.

E.P. Deleurance (1) en étudiant le comportement bâtisseur des guêpes Polistes, a mis en évidence un autre morcelage caractéristique du thème général de construction, qui ne se produit pas essentiellement par division du travail et jeu inter-individuel de stimuli et de réponses, qui dépend de facteurs internes, mais qui ne serait pas sans évoquer également la sociologie de Fourier et sa « papillonne », si une observation précise ne montrait une régularité mathématique dans les retours périodiques de la pulsion instinctive.

Le nid de guêpes est constitué par un pédicelle supportant une assise cellulaire appelée gâteau. Les guêpes y travaillent par cycles, selon la manifestation périodique

(1) Dans *L'Instinct* (Masson), Paris 1956.



d'une impulsion interne qui se répète, en s'atténuant, un certain nombre de fois dans la journée. Les éléments du nid sont toujours successivement traités, par chaque guêpe, selon un ordre type : elle commence par travailler au pédicelle, puis passe à l'amorce d'une nouvelle cellule, puis élève les alvéoles préexistants. Le comportement de la guêpe apparaît comme formé de segments indépendants et pré-déterminés. La construction d'ensemble se réalise par la simple répétition du thème cyclique. La guêpe juxtapose obstinément le thème sans se guider directement sur la réalisation déjà effectuée. Un observateur superficiel croirait souvent à une régulation ou à une réparation voulue d'un nid endommagé, alors que le travail de réparation dépend du thème en cours.

Le contraste entre l'ajustement des rôles par stimuli sociaux chez les fourmis et la construction sociale par répétition d'un thème de travail individuel chez les guêpes, est plus apparent que réel. Il s'agit toujours d'un morcelage du potentiel spécifique, d'une division du travail de morphogénèse qui, par inter-ajustement ou par répétition des thèmes dissociés, aboutit néanmoins, parfois tant bien que mal, à une formation harmonieuse, et mime une vraie division du travail ou une vraie répartition calculée. La guêpe n'est pas un pur automate psychique : elle tient compte en gros de ses perceptions, au moins pour reconnaître le pédicelle, le gâteau, et la présence d'un couvain actif. La fourmi, de son côté, présente certainement des rythmes internes périodiques qui la sensibilisent plus ou moins aux stimuli. L'important est que stimuli externes comme stimuli ou rythmes internes sont toujours très rigoureusement spécifiques. Tout s'ajuste, parce que tous les thèmes partiels sont dérivés d'un thème dominant : ils sont les « phases » d'un thème unitaire, et ne font que retrouver une unité primitive. Ce qui est utopique pour la société humaine, parce qu'il n'y a pas, sauf dans la perspective du providentialisme mystique, de forme politique spécifique, normale, et parce que l'homme doit inventer, avec risque, les formes de ses sociétés, ne l'est pas pour les sociétés organiques, où une « providence » organique — quelle que soit l'interprétation philosophique qu'on en donne

et qu'elle dérive ou non de la sélection naturelle — est au contraire un fait patent.

Bien entendu, en confondant provisoirement, comme nous l'avons fait, la morphogénèse d'un organisme multicellulaire et la morphogénèse d'une société animale, il ne faut pas oublier la rigueur beaucoup plus grande de la morphogénèse individuelle, où les développements partiels s'ajustent et se commandent comme dans un mouvement d'horlogerie, et où rien ne semble laissé au hasard des rencontres. La formation d'un individu, surtout d'un animal, s'opère en un temps et d'une manière rigoureusement définis. Les moindres détails structuraux sont spécifiques et même les caractères individuels sont génétiquement « déterminés », comme le prouve la ressemblance de deux jumeaux. Une colonie ou une société animale ne se forme pas, malgré sa spécificité, selon un minutage précis, et elle n'aboutit pas à une structure qui soit superposable à celle d'une société jumelle. Les castes diverses, les formes et comportements complexes d'une fourmilière, sortent tous de la seule reine initiale, comme les formes différenciées d'un métazoaire sortent toutes de l'œuf, mais avec cependant beaucoup moins de précision. La morphogénèse sociale n'en révèle pas moins, comme par un grossissement, le caractère « social » de la morphogénèse individuelle. Le morcelage du potentiel et les procédés d'ajustement par inter-communications, par stimuli et réponses, par évocation de sous-thèmes autonomes, sont les mêmes dans les deux cas.

Si la formation individuelle est plus rigoureuse, c'est que les conditions du développement embryonnaire sont rigoureusement standardisées. Les stimuli ne viennent pas d'un milieu extérieur plein d'aléas, et ne sont pas tributaires des hasards géographiques, ils viennent d'une autre partie organique. Il faut l'intervention artificielle d'un expérimentateur pour mettre un embryon dans des situations aussi imprévues et embarrassantes que celles que rencontrent à chaque instant dans le monde extérieur les sociétés de fourmis ou d'abeilles. La gastrulation ressemble à une migration cellulaire, mais c'est une migration où les cellules,



à la différence des oiseaux ou des poissons, sont sûres de trouver ce qu'elles « cherchent » et arrivent en un domaine qui les « attend ». La rencontre de deux partenaires sexuels est toujours une aventure, au point que, en français, le mot « aventure » a acquis le sens spécialisé d'« aventure amoureuse ». Mais non pas, ou à un moindre degré, la rencontre des cellules germinales, ou surtout la formation de ces cellules. La vie interne d'un organisme ne connait pas, ou peu, les hasards de l'amour, de la guerre, de la chasse, ces trois grands pourvoyeurs d'« aventure » pour les vivants. Il y a encore des hasards dans la rencontre d'un spermatozoïde et d'un œuf, une fois la fécondation interne effectuée, mais tout de même, ces hasards sont plus « canalisés », que la rencontre préalable du mâle et de la femelle.

L'important est néanmoins que ces rencontres sont toujours de même nature, et c'est pourquoi il y a toutes les transitions possibles entre les morphogénèses rigoureuses, en apparents mouvements d'horlogerie, et les morphogénèses « ouvertes » et « aventureuses ». Déjà un végétal, qui doit se modeler sur le milieu physique, n'a pas une forme spécifique aussi précise qu'un animal. Un végétal est beaucoup plus apparemment « colonial », et sa formation ressemble plus à une croissance historique et accidentelle.

L'erreur serait de faire, du milieu extérieur, une cause et non un stimulus provoquant des réponses spécifiques. L'avantage du rapprochement de la formation individuelle et de la formation sociale est de prémunir contre cette erreur, et aussi de permettre une conception du développement qui s'applique aux formes les plus ouvertes, aussi bien qu'aux formes les plus fermées, aux produits indirects comme aux produits directs de la vie ; aux formes dans lesquelles les thèmes vitaux ont dû composer avec les dispositions accidentelles du monde physique, aussi bien qu'aux formes dans lesquelles la vie s'est assuré une zone provisoirement abritée et une maîtrise totale des événements.

## Chapitre V

# LES STIMULI-SIGNAUX

Un développement n'a pas de « causes ». Dans le développement « socialisé », on a pris pour cause ce qui n'est que stimulus-signal. La notion de stimulus-signal a été élaborée, au cours de l'étude expérimentale de l'instinct, par E.S. Russell et Tinbergen. Lorsqu'une perdrix émet la « note d'alarme », les petits s'appliquent sur le sol et restent absolument immobiles. Un jeune qui n'a pas plus de deux ou trois heures d'âge se blottit aussi parfaitement qu'un oiseau âgé de trois ou quatre semaines (1). Des perdrix couvées par une poule ne se blottissent pas, même quand la mère poule pousse des gloussements d'épouvante ; mais si l'on imite le « chouc chouc » spécifique, ils se blottissent aussitôt. Lorsque la femelle d'épinoche, à la suite, déjà, d'un stimulus spécifique, la danse en zig zag du mâle, est entrée dans le nid, elle ne pond que si le mâle heurte du museau la base de sa queue, avec des mouvements rapides et rythmiques. Un rouge-gorge mâle, en sa phase batailleuse, attaque une touffe de plumes rouges. Un jeune renard, arrivé à l'âge de se nourrir de viande, est indifférent à un morceau de chair de lapin, mais s'anime subitement si un petit morceau de fourrure est resté attaché à la chair (2).

(1) E.S. Russell, *Le comportement des animaux*, p. 138.
(2) *Ibidem*, p. 139.



Depuis des siècles, les chasseurs, pêcheurs, et éleveurs humains, et depuis des millions d'années les animaux prédateurs, utilisent des imitations de stimuli-signaux pour manœuvrer et tromper leur proie. Les stimuli-signaux sont, nous l'avons vu, les moyens de coordination ordinaire d'une colonie ou d'une société organique, et par suite, comme il est impossible de fixer une frontière précise entre colonie et organisme unitaire, il est inévitable d'interpréter, au moins en première approximation, comme stimuli-signaux, les moyens de coordination de l'organisme unitaire adulte ou en développement. La substance, émise par les amibes constituantes de *Dictyostelium* qui dirige la concentration ou la migration amibienne, est évidemment indiscernable d'une hormone ou d'une « organisine » de développement.

Dans une colonie de termites, tant que le roi et la reine existent, les travailleurs et soldats restent stériles, mais, s'ils meurent, ils sont aussitôt remplacés par des reproducteurs secondaires dérivés de travailleurs dont le développement était donc précédemment inhibé. La substance inhibitrice est véhiculée probablement par la salive qu'échangent constamment les termites ; et c'est très probablement par l'effet d'« hormones sociales » de même genre que sont déterminées les castes. Comme l'ont montré les expériences récentes de M. Lüscher (1), d'autres stimuli-signaux, transmis par contact des antennes et non par salive, sont à l'œuvre pour le maintien des reproducteurs secondaires, car une colonie expérimentale tue les reproducteurs secondaires si elle est en contact, par antennes, à travers les barreaux d'une cage, avec une colonie voisine dotée d'un roi et d'une reine.

Quand, dans les expériences de parthénogénèse, on déclenche artificiellement le développement de l'œuf vierge en le piquant avec une aiguille trempée dans du plasma sanguin, on emploie en fait un stimulus-signal comme « leurre biologique ». On ne saurait prétendre, comme on l'avait cru d'abord, découvrir ainsi une cause. De même, les substances dites « organisatrices », les inducteurs primaires ou secondaires,

(1) Cité par Bonner, *Cells and societies*, p. 99.

agissent comme stimuli et non comme causes. On « trompe » le tissu embryonnaire par un stimulus artificiel ou artificiellement déplacé quand on provoque, par l'action d'une substance tirée de la zone dite organisatrice, ou même de substances simplement analogues, la formation d'un tube nerveux et d'un embryon secondaire à un endroit qui, sans ce faux « signal », n'aurait produit que de l'épiderme banal. On trompe de même l'épiderme quand, en transplantant le cartilage annulaire tympanique à d'autres endroits que celui qui forme normalement l'oreille externe, on l'induit à former un tympan. *Bref, toute l'embryologie expérimentale, qui se croit encore volontiers une science « classique » à base de causalité et de déterminisme, est au fond un ensemble d'expériences à l'aide de stimuli-signaux et de leurres.* Ces expériences sont analogues à celles que fait, sur les animaux, le psychologue de l'instinct, pour découvrir ce qui pour l'instinct est stimulus spécifique ou ce qui ne dépend que d'un déroulement autonome d'actes ou d'une régulation improvisée.

### Essai de classement des « efficaces ».

Pour bien comprendre la nature des stimuli-signaux, et leur différence avec les causes d'une part, les signes d'autre part, il est bon de passer en revue tous les « efficaces », pour employer le mot le plus vague possible.

*a*) Si je gonfle un pneu de bicyclette, la forme du pneu et la pression sont l'effet direct et clair de la succession des coups de pompe. La cause, dans la physique classique, agit par poussée et accumulation, et produit des effets proportionnels. Elle permet la mesure et l'établissement de lois-fonctions. Par exemple, la déviation de l'aiguille d'un manomètre est l'effet direct et proportionnel de la pression. Ce genre de cause, mettant en jeu, toujours, une multitude d'éléments considérés en gros, n'a rien de fondamental, tout le monde le comprend aujourd'hui (1).

(1) Quel est l'« efficace » fondamental en physique non statistique ? Nous laisserons de côté cette question. Ce que l'on en connaît aujourd'hui (rôle de l'énergie d'échange des photons ou des électrons de liaison ou des mésons $\pi$) permet d'affirmer qu'elle n'a en tout cas rien de commun avec la transmission de mouvement par contact des modèles mécaniques du XIX$^{e}$ siècle (dans lesquels d'ailleurs le problème de l'efficacité causale était escamoté).



*b*) Si j'ai dressé des dominos en file, à la distance appropriée l'un de l'autre, la chute de l'un, que je provoque, entraîne la chute successive de tous les autres. L'effet n'est pas proportionnel à la cause. Déjà, la chute d'un domino isolé, provoquée par la plus légère impulsion, se continue d'elle-même. Et la chute de toute la file dépend évidemment de la disposition préalable. Dans des effets de ce genre, on discerne déjà le rôle d'un « potentiel », d'une part, et d'autre part, de la disposition ou des liaisons du système. Cependant, il s'agit encore de causalité pure, sans aucune signalisation ni information : la chute « se communique », mais les dominos ne « communiquent » pas entre eux. La raison des effets est visible dans l'espace (bien que, en toute rigueur, la pesanteur, comme potentiel de force, ne soit pas « observable »).

*c*) Un piège a été tendu, ou un fusil a été chargé. N'importe quel stimulus mécanique sur la gâchette peut libérer le ressort qui, à son tour, fait fonctionner le piège ou l'arme, selon sa structure. Dans tous les déclenchements de même genre, l'indifférence de la forme de l'effet à la forme de la cause est frappante ; le piège fonctionne selon le potentiel mécanique ou chimique du ressort ou de la poudre, et selon la disposition de ses pièces. Aussi, la cause s'appelle souvent « stimulus ». Mais ce n'est pas un signal. Elle met en jeu un potentiel, elle ne se borne pas à déformer un pantographe. Mais ce potentiel invisible est néanmoins lisible, par connaissance des lois physiques ou chimiques, il ne crée pas par lui-même de forme, il meut une forme déjà donnée dans l'espace.

*d*) Les stimuli-déclencheurs peuvent être disposés en stimuli-clés, une partie du piège étant disposée en « serrure ». Par ce moyen, le stimulus *imite* l'action d'un stimulus-signal. On peut dire, par jeu, que le piège ou que l'appareil homologue au piège « recon-

naît » ou « perçoit » le déclencheur, et que celui-ci apporte une information au piège. Mais ce n'est évidemment là qu'une métaphore.

Il est parfaitement certain qu'aucun de ces quatre modes d'efficacité causale ne convient pour interpréter l'efficacité proprement biologique, telle qu'elle apparaît dans les inter-actions formatives ou instinctives. Bien entendu, on trouve de tout, même des effets de pression proportionnelle, dans le fonctionnement de l'organisme. On y trouve notamment des effets de piège mécaniques. Les feuilles de la Dionée attrape-mouches, ou les nématocytes, fonctionnent, on peut le supposer, comme un fusil ou un piège à ressort, et même si le système est différent, il est du même ordre. Il y existe aussi probablement des effets de clés. Les cybernéticiens d'une part, les biologistes et psychologues mécanistes d'autre part, essaient d'interpréter intégralement le comportement organique par ce genre d'effets. Les automates munis d'organes de « perception » ou d'« information », et qui ne sont en réalité que des « pièges à serrure », avec ou sans « transformateurs de clés » du genre de la machine à lecture de Pitts et Mac Cullogh, sont donnés comme des modèles authentiques d'organisme. Les efforts de Pavlov pour interpréter les stimuli conditionnants comme des déclencheurs d'analyseurs cérébraux, et non comme des signaux vraiment perçus au sens psychologique du mot, vont dans le même sens.

Il suffit de considérer, non le fonctionnement, mais la morphogénèse de l'organisme, pour voir clairement la vanité de ces efforts. Reprenons l'exemple de la Dionée attrape-mouches. Elle dérive, comme tous les multicellulaires, d'une seule cellule. Ses structures-pièges, ainsi que les moteurs de ces structures, dérivent, comme ses autres structures, de cette seule cellule initiale qui s'est développée par division, puis par un jeu complexe d'inter-actions entre évocateurs, inducteurs, et tissus compétents. Prétendra-t-on que l'action de l'inducteur biologique sur le tissu qui deviendra l'organe-piège, est encore analogue à celle d'un stimulus mécanique sur un piège tout formé ? Il est bien clair que les cellules ou les tissus qui, au



cours du développement, ont formé les organes pièges n'ont pu eux-mêmes être induits à se différencier de la manière même dont l'organe adulte est induit à fonctionner. Le piège tout formé, visible dans l'espace, est, si l'on peut employer cette métaphore, « compétent » pour attraper la mouche. Mais la compétence d'un tissu, qui réagit à un inducteur par une différenciation et une formation, est profondément différente. Elle n'est pas, par définition, lisible dans la structure, *puisque cette compétence porte précisément sur la formation d'une structure.* On emploie parfois l'expression « charge morphologique » pour désigner cette compétence ; les Allemands disent que le tissu réagissant est « *gestaltladen* ». Cette « charge », ou ce potentiel, est en tout cas, on l'avouera, d'une nature fort différente de celle d'un piège tout monté. Les organes futurs ne sont pas « là », comme la feuille de la Dionée adulte, ouverte aussi bien que refermée sur la proie, est « là », dans l'espace.

*e*) Passons maintenant aux vrais stimuli-signaux, et à l'ordre psycho-biologique. Quand un abonné compose mon numéro au téléphone, cette composition, une fois effectuée, fonctionne automatiquement comme un déclencheur clé et fait vibrer la sonnerie de mon appartement. Mais quand je perçois le son, c'est tout un comportement qu'il évoque en moi : je sais ce qu'il y a à faire en cas d'appel du téléphone.

Le potentiel évoqué par le signal est mnémique ; le stimulus a été un vrai signal, perçu, une « information » efficace, et j'étais compétent, selon un savoir et un code précis, pour répondre à cette information par un comportement complexe qui, une fois évoqué, se déroule de lui-même jusqu'au prochain signal de confirmation.

La vibration de la toile, où une proie vient de se faire prendre, évoque de même, chez l'araignée, tout un comportement complexe, jusqu'à la prochaine confirmation. De même enfin, l'épiderme mis en contact avec le cartilage annulaire se met à former un tympan. Dans tout ces cas, il y a disproportion structurale évidente entre la « cause » et l'effet, et, à la différence

du cas *c*, cette disproportion n'est pas immédiatement lisible dans la structure en piège du récepteur.

Les efforts classiques de réduction des stimuli-signaux à de pures causes, reviennent naturellement à supposer, d'une part, une structure cachée — piège invisible — dans le récepteur, d'autre part, une action de clé du stimulus-déclencheur. La compétence pour répondre au téléphone, comme pour s'emparer de la mouche, serait tout simplement une structure, formée au cours de la vie antérieure de l'individu ou de l'espèce dans le système nerveux. Cette interprétation échoue pour le comportement acquis comme pour l'instinct, on s'en aperçoit dès que l'on regarde les faits de plus près. Les fabricants d'automates, malgré leurs bulletins prématurés de victoire, ne sont pas arrivés à imiter par modèles mécaniques la perception thématique, c'est-à-dire docile au sens général du stimulus plutôt qu'à sa structure particulière et concrète (1). Mais comme elle échoue de toute manière et sans discussion possible pour la morphogénèse, puisque, par définition, encore une fois, ce qui est stimulé dans la morphogénèse n'est pas un fonctionnement, mais une formation, il est logique d'interpréter tous les stimuli-signaux comme portant sur un potentiel non spatial. A quoi bon se représenter, par exemple le système nerveux de l'araignée ou de l'épinoche femelle comme une sorte d'automate électronique monté pour réagir à une clé : danse en zig zag d'un partenaire ou vibration de la toile, puisque ce système nerveux a été *édifié* au cours de la morphogénèse, et que l'action des signaux chimiques, des inducteurs, ne peut pas être assimilée à celle d'une clé, quand il s'agit précisément d'expliquer la formation de la serrure présumée.

Un signal doit donc être considéré sinon comme toujours perçu à proprement parler — un tissu embryonnaire n'a pas d'organe sensoriel — du moins comme éveillant ce qu'il faut bien appeler une conscience mnémique dans le répondant : homme,

(1) R. RUYER, *La cybernétique et l'origine de l'information* (Flammarion).



animal, ou tissu organique. Un signal est une information, au sens psychologique, et non cybernétique du mot; il est nécessairement « perçu », au sens large du mot, dans sa forme signifiante ou expressive, et c'est pourquoi, à la différence d'une clé, il peut agir par son absence, comme manque, aussi bien que par sa présence, par exemple dans un besoin organique. C'est pourquoi il est spontanément généralisé, comme l'ont montré depuis longtemps les faits découverts par Pavlov. Et c'est pourquoi aussi il peut être incomplet, simplifié, parfois même surnormalisé (1), ou imité par un leurre, la conscience stimulée reconstitue « sémantiquement » ou « mnémiquement » le thème complet amorcé.

*f*) En passant des signaux aux signes, nous passons de la psycho-biologie à la psychologie proprement dite, et même, aurait-on pu croire avant les découvertes de von Frisch, à la psychologie humaine. Communiquer par signes, c'est compter, chez le correspondant, sur une conscience, sur une compétence de même nature que la compétence qui répond aux signaux, mais qui n'est plus uniquement mnémique et qui comporte une grande part d'improvisation compréhensive, en réponse à l'improvisation analogique de l'émission. On peut suggérer, par gestes imitatifs, à un homme dont on ne parle pas la langue, d'avancer ou de s'arrêter, ou de se coucher. On compte sur une initiative reconstituante de l'interlocuteur, chez lequel il est indispensable qu'existe une conscience tendue vers le sens du message. Un signe, ou un message par signes, à la différence d'un signal, n'est pas seulement une information, il a un *contenu propre d'information* et il doit être perçu, cette fois au sens propre du mot. La structure particulière du contenu doit être transmise. Le signe n'est pas un simple déclencheur psychique. Dans le langage par danse de l'abeille, si l'abeille a trouvé une source de nourriture à moins de cinquante mètres de la ruche, elle danse en rond, et n'indique aucune direction. Comme l'a fait remarquer J.B.S.

(1) Cf. les expériences de O. Köhler (TINBERGEN, *Etude de l'instinct*).

Haldane, cette danse est un *Auslöser*, dans le sens de Lorenz, en d'autres termes, c'est un stimulus-signal et non un signe. Quand la distance s'accroît, l'abeille emploie alors de vrais signes, ou, si l'on préfère, son « message » a un contenu d'information : la « danse frétillante » donne la direction, et le nombre de danses par minute, l'éloignement.

En réalité, il est souvent très difficile de séparer absolument signes et signaux, et un signe tend toujours à être conventionnalisé en signal. Les linguistes, et les théoriciens contemporains de l'information et du message, en ont très bien donné la raison. C'est que la transmission d'un message par signes purs, non conventionnalisés et non transposés en signaux discontinus ayant une valeur de tout ou rien, est beaucoup plus sujette à erreur. Car les petites erreurs de transmission s'accumulent, tandis que l'on peut relayer indéfiniment un signal discontinu et conventionnalisé sans le déformer. Mandelbrot (1) en donne comme exemple un message transmis par le chef de flottille d'un bateau à l'autre, et donnant un angle de direction. Si chaque bateau *imite* l'angle donné, les erreurs risquent de s'accumuler. Si au contraire on a décidé d'arrondir au départ l'angle indiqué et de donner seulement, par exemple, une des huit directions possibles, 0, 45, 90, 135, etc. le récepteur, à condition qu'il soit compétent, c'est-à-dire au courant de la convention, peut *répéter* le message, et non pas *l'imiter*; en corrigeant les petites erreurs (par exemple en répétant 45 et non 44 ou 46, même s'il a perçu 44 ou 46). Les mots ou les formules toutes faites de messages linguistiques, sont des signaux discontinus, même si le message dans son ensemble transmet une information originale, et il est beaucoup plus facile, comme on sait, de répéter sans erreur une lettre commerciale téléphonée qu'une suite de lettres ou de chiffres ou surtout qu'une suite continue de sons.

A ce point de vue, les messages-signes de l'abeille sont moins conventionnalisés que le langage humain. La transposition de la distance en nombre de « ronds » par minute est continue et approximative. L'indication de la direction par la danse frétillante en ligne droite est encore moins conventionnalisée. Sur un plan horizontal, et à la lumière

(1) *Structure formelle des textes et communication* (Word, (10 avril 1954).



solaire, elle donne la direction relativement au soleil. Sur un plan vertical et dans l'obscurité, l'abeille transpose, et l'angle avec la verticale vaut pour l'angle avec la direction du soleil. Mais, comme E. Wolf l'avait soupçonné, et comme des expériences ultérieures sur d'autres insectes l'ont montré (1), il ne s'agit pas là d'une convention : pour l'insecte, le soleil ou la verticale sont des directions privilégiées, immédiatement équivalentes. On surprend ici le caractère thématique et spontanément généralisé de tout stimulus-signal. L'abeille indicatrice, dans tout son « langage », n'a certainement pas une « conduite de récit ». Elle a plutôt une « conduite d'intention », elle fait des mouvements d'excitation, tournés vers l'avenir et non vers le passé, mouvements auxquels les congénères doivent d'abord participer pour les comprendre. Cette conduite est très analogue à celle des « fourmis-centres d'excitation » décrites par D.W. Morley. Elle ne sert qu'accessoirement d'information. Elle est un mouvement d'intention ritualisé et devenu ainsi moyen de communication, comme Tinbergen et Armstrong en ont découvert tant d'exemples dans tout le domaine de l'instinct. Le langage des abeilles est à rapprocher également du « langage d'humeur » que Lorenz a décrit à propos des bandes de choucas, le cri « kia » signifiant « je suis d'humeur à rester loin du nid », le cri « kiou » signifiant « je suis d'humeur à rentrer », et les individus de la bande se stimulant ainsi, d'abord contradictoirement, puis, par un « recrutement » analogue au recrutement des neurones dans l'activité cérébrale, unanimement.

### Stimuli-signaux et stimuli-agents.

En gros, et si l'on met à part le langage et les techniques humaines de communication, ainsi que certains aspects du langage des abeilles, on peut dire que l'« efficace » biologique par excellence, dans les enchaînements de la formation et du comportement, c'est le stimulus-signal, l'emploi de signes par les abeilles et par les hommes ayant d'ailleurs le grand intérêt d'obliger à constater la parenté étroite du stimulus-signal et du signe, et par suite le caractère psychique du stimulus-signal.

(1) Vowles, pour les fourmis, et Birnkow (1954) pour les coccinelles (Cf. Von Frisch, *Lernvermögen...*, p. 16).

Dans le domaine de ce que Viaud appelle les « tropismes vrais », par exemple l'orientation ou la locomotion d'un organisme ou même d'un fragment d'organisme, vers une source de lumière, ou vers une cathode, ou vers le haut, lorsque l'organisme poursuit *automatiquement*, d'une façon *non adaptative*, et jusqu'au *maximum du possible*, son comportement provoqué, il est souvent difficile d'interpréter le stimulus comme un signal. Il semble parfois être un stimulus-agent, c'est-à-dire une cause vraie. Mais il s'agit là d'un phénomène limite, et il ne saurait plus être question aujourd'hui d'y voir un phénomène fondamental et d'y rattacher l'instinct. Déjà dans les « pathies », ou répulsions adaptatives (par exemple la fuite devant une lumière ou une température exagérée), dans lesquelles le comportement de l'animal, loin d'obéir à la loi du maximum d'excitation, aboutit à le soustraire à l'action du stimulus ou à le porter à un optimum ou à un « preferendum » d'excitation, le stimulus est certainement un stimulus-signal et non un stimulus-agent, et il doit être « perçu » — au sens large — par l'organisme. On passe par des transitions tellement insensibles, dans le comportement instinctif, de ce qui semble être pur tropisme à ce qui est certainement une action de guidage, parfois avec des corrections savantes à base de mémoire ou de calcul de navigation, comme dans les migrations et le retour au nid ; il y a une évolution tellement graduelle du « phototropisme » à « l'orientation sur la lumière du soleil utilisée comme guide », que l'on est bien tenté d'avoir des doutes sur le caractère strictement causal, même des « tropismes vrais ». S'il est vrai, comme dit Viaud, que « la lumière guide d'abord phototropiquement les animaux », et que, ensuite, « ils *se* guident sur elle », on est tenté de croire que le guidage, même automatique, *par* la lumière n'est pas tant déjà une action *de* la lumière sur l'organisme, qu'une action-réponse de l'organisme, considérée simplement à un niveau plus primitif. La seule action purement mécanique de la gravitation sur un organisme n'a vraiment lieu que si l'organisme tombe en chute libre ; mais s'il se dirige par tropisme vers le haut, c'est, par définition, que le commencement de chute n'agit que comme un signal.



### Variété des stimuli-signaux.

Le vrai principe de classification des stimuli-signaux est à trouver dans leurs rapports divers avec la mélodie formatrice « verticale ». Le signal peut être déclencheur et initiateur de tout un déroulement, ou il peut être une confirmation et une relance. D'autre part la mélodie formatrice ou instinctive peut être relancée par « proprioception », la fin d'une première phase servant de signal au commencement d'une autre phase (par exemple la fin du *zig* de la danse de l'épinoche déclenchant le *zag*) — ou par « extéroception », la première phase ayant amené un certain état du partenaire spécifique ou d'une stimulation spécifique. Le stimulus, en général, déclencheur ou relanceur, peut être interne (c'est le cas dans la sensibilisation générale par hormone, responsable des comportements dits spontanés, ou des abaissements du seuil d'efficacité pour les stimuli externes), ou il peut être externe — généralement par organe sensoriel et transmission nerveuse. Il faut bien souligner que les effets d'abaissement du seuil d'efficacité du stimulus externe ne sont pas mécaniques. Dans l'instinct, en tout cas, ils se manifestent comme « valorisations » perceptives de l'objet-stimulus, qui apparaît comme de plus en plus « pressant ». Le stimulus interne déclenche une activité d'exploration, de recherche, ou de poursuite. Les stimuli externes peuvent être eux-mêmes déclencheurs, ou directeurs et orienteurs. Par exemple, des oisillons dans leur nid, encore aveugles, sont stimulés, — ou déclenchés — à tendre le bec vers le haut par une agitation légère du nid, qui « valorise » ainsi la direction verticale, la pesanteur servant de stimulus orienteur. Une fois qu'ils sont capables de voir, la vue de la mère, ou d'un leurre équivalent, agit d'abord comme pur déclencheur, et non comme orienteur. Pendant une courte période, les oisillons tendent le cou, à la vue du leurre, mais toujours vers le haut, quelle que soit la position du leurre. Puis, le leurre

visuel agit à la fois comme déclencheur et comme orienteur (1). Il est remarquable qu'au cours de la morphogénèse, on trouve aussi des stimuli, non seulement déclencheurs, mais orienteurs. Ainsi, lorsque les pointes en croissance des fibres nerveuses cherchent leur voie vers les muscles embryonnaires à innerver (2), il est probable que les cellules musculaires émettent des substances orientantes, et que les fibres nerveuses sont guidées par ces émissions pour trouver leur chemin à travers les tissus. Il faut bien que les formes non strictement spécifiques, comme la disposition des petites veines, des capillaires, ou des ramifications nerveuses secondaires, soient guidées dans leur formation par des stimuli orientateurs. Mais puisqu'il y a des possibilités de régulation ou de régénération au cours des formations les plus fondamentales, il faut bien que, même pour ces formations où prédomine le thème mélodique spécifique, un certain guidage par stimuli selon les circonstances soit présent pour mettre au point et ajuster le déroulement de ce thème. Du reste, les observations minutieuses de J. Holtfreter en 1943 et 44, sur les mouvements cellulaires au cours de la gastrulation, ont révélé directement ce guidage. Les cellules superficielles qui se déplacent vers le blastopore (dans l'œuf d'amphibien), puis s'engouffrent à l'intérieur, sont guidées par la substance non cellulaire qui couvre l'œuf, tout à fait comme les amibes coloniales en migration sont guidées par la trace matérielle que laissent les amibes de tête. Une fois passées à l'intérieur, elles maintiennent le contact avec la substance couvrante, elles restent en connexion par un long pied avec cette surface dont elles s'éloignent, ce qui leur donne une forme de poire allongée (3). Il s'agit donc bien d'un guidage, et non d'une poussée, et même, semble-t-il, d'un guidage « cherché » et maintenu.

(1) Observation de Tinbergen.
(2) Cf. *supra*, p. 22.
(3) HOLTFRETER, *A study of the mecanism of gastrulation* (J. exp. zool. 94 et 95).



### SIGNAUX DÉCLENCHEURS ET SIGNAUX INDICES.

Les effets de déclenchement interne et externe, d'orientation, et de guidage sont souvent très étroitement mêlés, justement parce que le déclenchement, ici, n'est pas mécanique mais mnémique — au sens biologique du mot, c'est-à-dire « portant sur un potentiel ».

Soient, par exemple les migrations des saumons ou des anguilles (1). Pourquoi un poisson, qui est resté pendant des mois sédentaire se met-il subitement en route ? Des facteurs externes, météorologiques, sont évidents. Les anguilles partent pour les Sargasses, surtout en automne, au moment des crues, à un moment déterminé du cycle lunaire. Mais un état physiologique est nécessaire aussi, puisque, pour les poissons d'une même espèce, soumis aux mêmes influences externes, la direction de la migration peut être diamétralement opposée. L'état physiologique est donc caractéristique, non seulement de l'état migratoire, mais de la direction même de cette migration. Chez les saumons, c'est une surexcitation, puis un déséquilibre, de la fonction de la thyroïde, se traduisant d'abord par une livrée brillante et par de l'agitation motrice, qui sensibilise le poisson aux influences externes. La longue migration elle-même, une fois déclenchée et déterminée quant à sa direction générale, doit être guidée, surtout pour le retour à la rivière natale, par des stimuli-indices dont l'action se conjugue avec celle de la direction générale. Et il ne saurait être question, bien entendu, d'une sorte de composition des forces. Les indices sont des « moyens » pour l'animal ; il doit les percevoir et les utiliser selon le but instinctif. Quels sont ces indices ? La question n'est pas tranchée. Les faits condamnent l'hypothèse d'un guidage par gradient de salinité. L'odorat, et la mémoire olfactive ne peuvent pas servir pour le trajet en pleine mer. Les anguilles, d'autre part, ne paraissent pas avoir le sens de la position géographique de leur but lointain, car elles ne s'y rendent pas en ligne droite, ou, pour parler plus exactement, selon un segment de grand cercle, comme un avion ou un paquebot. Les anguilles de la Baltique maintiennent un angle constant avec les méridiens, et

(1) Cf. FONTAINE, *Analyse expérimentale de l'instinct migrateur des poissons* (dans *L'Instinct*, Masson, 1956).

suivent la ligne dite loxodromique ; elles ont donc plus probablement un sens de la *direction* locale de leur mouvement. Mais le support physiologique et les indices utilisés, de ce sens, sont inconnus.

Ces indices existent d'ailleurs certainement, car l'instinct n'est pas magique, et, comme toute la vie organique, il ne se passe pas de moyens naturels. Il n'est pas « causaliste » en ce sens que les signaux ne sont pas des poussées. Mais des signaux-indices sont indispensables pour « informer » au sens psychologique du mot le déroulement mélodique de l'acte instinctif, qui, lui, est « informé » au sens étymologique du mot, c'est-à-dire qui n'est pas amorphe. C'est le sentiment — très juste — de la disproportion entre le signal-indice et la complexité de l'action qui fait que le profane, et même le philosophe intuitionniste, ont tendance à parler de l'instinct comme magique, ou merveilleux. Ce qui est « magique », si on tient au mot, c'est l'existence de ces thèmes potentiels sans support spatial et la convenance des thèmes spécifiques, malgré le morcellement et la diversité de leurs porteurs, l'ajustement quant à leur nature générale, par exemple de l'instinct du mâle et de la femelle, de l'instinct de l'adulte et de la larve à nourrir, de l'insecte neutre et de la reine féconde, de la proie et du prédateur, de l'insecte et de la fleur entomophile. Mais l'ajustement de fait, comme événement particulier, n'est, lui, jamais magique. Il n'est ni « extra-sensoriel » au sens de Rhine, ni dû à une intuition « sympathique » au sens de Bergson. L'ajustement de fait selon des signaux est justement la partie « non magique » de l'instinct, comme l'ajustement des divers développements partiels opéré par des facteurs chimiques est la partie « non magique » de la formation. Et c'est pour cela que l'embryologie scientifique, comme la biologie de l'instinct, s'est attachée avec prédilection à l'étude des facteurs d'ajustement.



### Simplification des signaux.

Une des propriétés les plus caractéristiques des stimuli-signaux, c'est leur tendance à la simplification. Un signal est toujours aussi schématique qu'il peut l'être quand une attente définie chez le récepteur du signal rend improbable une fausse interprétation. Les deux robinets d'un lavabo n'ont pas besoin de porter en toutes lettres « Eau chaude » et « Eau froide ». Le signal est vite simplifiée en C ou F, ou, pour la clientèle internationale d'un hôtel, en point rouge et point bleu. De même pour les feux rouge et vert de la circulation. De même pour les moyens ordinaires de signalisation sociale : cloche, sirène, tambour, etc. De même pour les marques distinctives qui signalent le parti, la nationalité. Dans ses expériences sur la pensée, Ach a souligné que l'attente du sujet produit spontanément cette abstraction du stimulus. Si par exemple le sujet attend comme stimulus la lettre S, lorsque le stimulus apparaît, S seul est perçu, les autres lettres sont ignorées. S'il attend une couleur, il ne voit même pas la forme, et inversement.

Le message-signal obéit en cela à une loi différente de celle qui régit le message-signe, avec contenu propre d'information. Comme l'a souligné A. Moles, (1) un message-signe, à contenu d'information, doit avoir une certaine redondance pour être compris : un professeur, un vulgarisateur, diminue systématiquement, pour un public peu averti, la densité d'information de ses exposés. Inversement, dans toutes les langues, dès que la compétence du public élimine toutes chances d'équivoque, les expressions se simplifient : on ne dit plus un véhicule automobile, mais une auto, ou une voiture. Les stimuli-signes, dans l'instinct, obéissent à la même loi d'extrême simplification. L'épinoche, ou le rouge-gorge mâle en humeur combattante réagit, comme le sujet d'Ach, à un signal simplifié, par exemple, à un leurre à ventre rouge signifiant « mâle rival ». Les oisillons affamés réagissent à une baguette au-dessus du nid.

(1) *Théorie de l'information et perception esthétique*, chap. I.

Il est naturel de mettre dans la même catégorie les stimuli de la morphogénèse, et tous les « messagers chimiques » de l'organisme ; ce sont, apparemment, des signes simplifiés en signaux, eux-mêmes encore simplifiés. Pour induire un tissu compétent à former un tube neural, il suffit d'un apport banal de substance, qui n'a même pas besoin d'être fourni par l'inducteur vivant. En dehors de la substance normale active — la clé elle-même — il y a toujours, Dodds a insisté sur ce fait, un grand nombre de clés simplifiées ou même de passe-partout. L'extraordinaire universalité des hormones, comme la prolactine, l'auxine, a frappé tous les biologistes. La prolactine est l'hormone de la lactation et de l'instinct maternel pratiquement chez tous les mammifères, et c'est encore la prolactine qui provoque l'instinct de couver chez les oiseaux et, chez les pigeons, la secrétion de « lait de pigeon », produit par le jabot. L'auxine, corps extrêmement banal, et dont on peut fabriquer par synthèse des analogues, est, chez les végétaux, une sorte de « stimulus à tout faire » : il stimule la croissance de la tige, arrête la croissance des racines, sert de signal pour orienter la tige vers le haut, la racine vers le bas, pour assurer la dominance de la tige principale, ou pour faire tomber les feuilles qui ne travaillent plus. Bref, son rôle morphogénétique est énorme.

Il est difficile de ne pas penser à un phénomène analogue de la sémantique, que les linguistes appellent « restriction », mais qui aboutit en fait à donner à certains mots un emploi universel, précisément parce que chaque groupe de parlants, selon son genre de préoccupation et de compétence, lui prête un sens particulier. Bréal a souligné les sens variés du mot « opération », employé à la fois par les chirurgiens, les financiers, les militaires, les mathématiciens, les théologiens, etc. Vendryès (1) cite le mot « saison », employé aussi bien par un directeur de casino que par un vigneron, un tailleur, ou un pêcheur et, on pourrait dire, par n'importe quel commerçant ou industriel. Les signaux organiques ou psychiques qui déclenchent « l'opération neurulation » ou l'« opération

(1) *Le langage*, p. 236.



formation d'un tympan ou d'un cristallin », ou, chez l'individu adulte, la « saison des amours », ou « l'opération combat », ou « l'opération élevage des petits », sont des sortes de « mots » à tout faire, « universellement spécialisables », et il est caractéristique que beaucoup de noms d'hormones soient devenus faux dans leur étymologie parce que l'on n'avait pas découvert d'abord l'immense variété de leurs rôles : la prolactine agit sur des organismes qui ne produisent pas de lait, et l'auxine ne fait pas toujours « croître ».

### Origine évolutionniste des simplifications.

De la loi de simplification des stimuli-signaux, on peut tirer une confirmation de la thèse selon laquelle les stimuli biologiques instinctifs sont fondamentalement psychiques et non mécaniques dans leur mode d'action. En effet, si l'on rejette l'interprétation « psychique » des stimuli-signaux, qui les rapproche des signes, et les fait dériver d'un signe simplifié, on se trouve dans une étrange situation quand on veut comprendre l'origine des stimuli instinctifs. D'où viennent-ils ? Et comment concevoir leur origine évolutionniste ? Soit par exemple l'instinct de nombreux oiseaux de se tapir, quand ils sont survolés par un oiseau de proie. Tinbergen, en promenant divers simulacres de carton sur des oiseaux de basse-cour, a montré que le *releaser* efficace était une « silhouette d'oiseau à cou court ». Voici maintenant le commentaire de Julian Huxley (1) : « L'instinct de se tapir paraissait, à première vue, exiger une explication lamarckienne » — c'est-à-dire une explication « psychiste », du genre de celle que nous soutenons — « jusqu'au jour où Tinbergen a montré qu'un modèle de carton pouvait déclencher la réaction ». J. Huxley, en néo-darwiniste, soutient donc que des mutations fortuites ont disposé le système nerveux des gallinacés de telle sorte qu'une figure, par elle-même sans signification psycho-biologique, a déclenché la réaction de blottissement, et que ces mutations ont été conservées par sélection naturelle, parce que la figure en

(1) *Evolution in action*, p. 95.

question se trouvait, par un miraculeux hasard, ressembler à un oiseau de proie en vol. On dira de la même façon que l'on a « expliqué scientifiquement » le comportement de l'araignée qui accourt lorsqu'une proie fait vibrer sa toile, en montrant que la vibration d'un diapason est le stimulus efficace. De telles interprétations sont inadmissibles. Le leurre simplifié ne donne évidemment pas le « noyau mécanique primitif » de l'efficacité du *releaser*. Ou alors pourquoi ne pas soutenir aussi que, dans l'espèce humaine, ce que l'on appelle un « coureur de jupes », est un mâle doué d'un tropisme, ou d'une réaction nerveuse, vers les jupes, et que la découverte de ce tropisme constitue l'explication scientifique, purifiée de tout recours au psychisme, de l'instinct sexuel ?

Ce que les études de Tinbergen ont prouvé, c'est, au contraire, le caractère signifiant de l'évolution des instincts et de leurs *releasers*. Les instincts se sont constitués *par de véritables déplacements sémantiques*, et ils ont évolué à la façon d'un langage. Tinbergen et Lorenz ont été capables de faire une véritable *étymologie* de certaines parades animales. Leur œuvre, malgré un résidu de postulats mécanistes, fournit un argument décisif en faveur du caractère thématique de tout développement biologique.

Il est souvent possible de surprendre à l'œuvre, dans l'instinct, la restriction progressive du signe en signal. Ainsi que l'a souligné E.S. Russell (1), il est tout à fait artificiel de partir, comme le font souvent les naturalistes de laboratoire, de réactions stéréotypées à des stimuli pour composer ensuite, avec elles, le comportement de l'animal. L'animal essaie toujours, en réalité, de faire quelque chose de spécifique : construire un nid, nourrir ses petits, regagner son habitat normal. Cette action, d'ensemble et signifiante, se décompose souvent en réponses stéréotypées à des signaux précis, encore que l'animal reste d'ordinaire capable de régulation et qu'il subordonne des moyens variables à une fin unique. Si l'on isole, par exemple, une jeune anguille dans le bac d'un aquarium, elle ne

(1) E.S. Russell, *Le comportement des animaux* (chap. I).



manifeste pas, et pour cause, ses étonnantes possibilités migratoires, mais seulement un banal rhéotropisme. Faut-il expliquer la migration en la faisant dériver, par composition, de réponses automatiques du genre du rhéotropisme ? Ne faut-il pas plutôt partir de la migration pour comprendre que, dans un bac, le poisson essaie d'agir au mieux, selon le thème général « migration » ? Si l'on adopte la méthode de composition, on se heurte très vite à des impasses. Selon son âge ou son état physiologique, l'anguille nagera de préférence avec ou contre le courant. De même, un oiseau prend un ver dans son bec, et il l'avale par une suite d'« actes enchaînés ». Et pourtant, s'il est en train de chercher de la nourriture pour ses petits, il garde le ver dans le bec, alors que, selon la doctrine des enchaînements de réflexes, la déglutition devrait suivre automatiquement le stimulus que constitue la présence du ver dans le bec (1). Dans tous ces cas, le thème général de l'action en cours domine et contrôle les actes et les réponses particulières, tout comme le thème général morphologique domine et contrôle les effets variés de l'auxine sur la tige et la racine. Le « code » des signaux n'a été appris dans aucune école mythique, mais il est vivant dans le thème unitaire en cours de morcellement, et il est mis au point à partir du thème.

### L'élément de causalité dans les stimuli-signaux.

Les stimuli-signaux sont des moyens biologiques. Or tout moyen a évidemment une partie d'efficacité mécanique, autrement, il ne serait pas un moyen ; et il y a toujours une raison pour laquelle un moyen est utilisé plutôt qu'un autre. Il ne fait pas de doute, par exemple, que l'hormone ait une partie d'efficacité purement chimique. La chaleur et la lumière du printemps agissent à la fois comme causes et comme signaux sur les plantes et sur les animaux. Un signal comme tel est arbitraire, mais il ne pourrait même pas être employé comme signal s'il n'avait une efficacité

(1) E.S. Russell, *op. cit.*, p. 25.

causale immédiate. Le son de la sirène qui est signal pour l'ouvrier, fait sursauter un passant; et il n'aurait pas été choisi comme signal s'il n'avait eu des effets immédiats de ce genre.

Nous retrouvons ici un caractère universel des formes vivantes, comme des formes créées par la technique humaine : elles se modèlent *au plus près* sur des lois physiques que pourtant elles dominent et utilisent. Tous les organismes, par exemple, ont dû s'adapter aux lois physico-chimiques qui rendent possible leur alimentation. L'important est que toujours cette adaptation soit l'acquisition d'une compétence à répondre d'une manière spécifique à l'action du milieu, qui, ainsi, n'est pas cause mécanique, mais stimulus-signal de la réponse.

## Chapitre VI

## LA « COMPÉTENCE »

Le caractère tout à fait prépondérant de la « compétence » est facile à prouver. Le mot est passé dans l'usage courant des embryologistes depuis Waddington. Il désigne l'état de réactivité de la part d'un tissu embryonnaire, lui permettant de répondre à un stimulus dit morphogénétique par une différenciation dans une direction déterminée. Par une extension inévitable, il s'emploie pour désigner, en dehors du développement, tous les états de réactivité d'un organisme ou d'un tissu organique à tout stimulus, par exemple à une hormone. L'état de « compétence » n'est pas, à parler strictement, observable. Il ne suffit pas de regarder, par exemple, le tissu externe d'une gastrula pour voir qu'il réagira en formant un tube neural dès qu'il aura été touché par le stimulus organisateur primaire. On ne peut prévoir son comportement que par analogie, et on ne peut s'en assurer que par la différenciation qui, elle, est observable. C'est pourquoi d'ailleurs, la métaphore de la compétence s'est imposée. La compétence d'un homme n'est aussi observable qu'indirectement, par ses performances.

### Caractère psychique de la compétence.

Nous oserons dire que, pour tout ce qui touche à la compétence, les embryologistes manifestent une sorte

de mauvaise foi, et de mauvaise foi maladroite. Le mot s'est substitué au mot de « puissance » ou « potentialité », considéré comme peu scientifique à moins qu'il ne marque simplement une possibilité, non un pouvoir efficace. Mais qu'est la compétence, sinon un pouvoir efficace ? Et qu'est-ce qu'un pouvoir efficace, si on ne l'interprète pas selon l'expérience psychologique ? Ce serait, nous l'avons vu, un abus de mots que de parler de la « compétence » d'un piège à fonctionner si on le déclenche, ou de la « compétence » d'un domino à tomber si on le bouscule. Dans une machine, il est facile de distinguer le moteur et l'arrangement des parties commandant un certain fonctionnement. Une fois la machine embrayée sur son moteur, le stimulus de mise en route peut être souvent quelconque : il suffit de secouer un peu une horloge que l'on vient de remonter pour qu'elle se mette en marche.

Dans un tissu vivant, il n'y a pas de séparation possible d'un moteur et d'un montage structural déjà présent, la compétence portant précisément sur la formation d'une structure. La compétence n'est rien, si elle n'est analogue à un montage psychologique, à un savoir latent, et non à un montage structural. Elle est nécessairement analogue à une « tâche » à terme. Au son de la sirène un ouvrier se lève et s'habille ; ses vêtements posés sur une chaise, qu'il regardait jusque-là d'un œil vague, sont brusquement valorisés en : « A revêtir au plus vite » ; des liens nouveaux sont établis, et l'homme en pyjama se transforme en homme habillé, puis, en homme prenant l'autobus. Dans les expériences psychologiques de Watt, la présence psychologique, consciente ou subconsciente, de la tâche, fait qu'une perception devient un signal d'accomplissement. Tout est du même ordre dans la mise en œuvre biologique d'une compétence : le stimulus est valorisé en signal, et la situation est valorisée par la « tâche ». Des liens nouveaux sont créés selon le savoir évoqué et des modifications structurales deviennent observables.

Ce n'est pas là une théorie gratuite opposée arbitrairement à la théorie mécaniste, puisque, dans le cas



de l'instinct, on surprend sous une forme concrète le caractère psychologique de la compétence. Le stimulus est perçu, selon l'expression de E.S. Russell, comme valence, et toute la situation, à son tour, apparaît à l'animal comme un système de valences dynamiques, de liaisons à établir ou à rompre. L'araignée perçoit la vibration de sa toile comme appel, le centre de vibration comme proie vers laquelle se diriger, puis comme proie à paralyser, etc. La mise en œuvre d'une compétence morphogénétique est nécessairement, de même, une « valenciation », un montage actif de liens nouveaux selon « la chose à faire », qui n'est pas encore faite. Ou bien la compétence n'est pas morphogénétique, ou bien elle est de nature psychologique. Il n'y a aucun moyen d'échapper à ce dilemme.

Les embryologistes se font volontairement illusion quand ils s'imaginent que le vocabulaire « stimulus » et « compétence » permet de condamner fondamentalement le vocabulaire métaphysique et antimécaniste de Driesch, son « entéléchie », et ses « potentialités ». Le vocabulaire « stimulus » et « compétence » est en effet préférable au vocabulaire de Driesch ; non pas parce qu'il permet de revenir à des conceptions « plus scientifiques » — entendez mécanistes — mais parce qu'il implique nécessairement et clairement une référence au psychisme. Il vaut mieux, en effet, recourir à une interprétation psychique, à l'analogie d'une expérience psychologique, qu'à un principe métaphysique et mystérieux. Mais c'est se faire illusion que d'espérer interpréter la « compétence » par des phénomènes chimiques, de la même manière qu'il a été possible d'isoler la partie d'efficacité chimique du stimulus. Needham et Waddington considèrent comme une lacune provisoire l'incapacité où nous sommes de définir la compétence, et ils entendent bien qu'un jour viendra où celle-ci sera rapportée à la présence actuelle de protéines spécifiques dans les tissus considérés. Mais c'est là revenir purement et simplement au préformationnisme, c'est nier la morphogénèse, et faire de la forme visible l'amplification, l'effet mécanique de « petites formes » chimiques dans le noyau et le cytoplasme. Needham reconnait, avec une feinte

impartialité, que « l'état du tissu réagissant est juste aussi important que la nature du stimulus » (1). Cette « juste » répartition, à cinquante pour cent, fait sourire, et l'on voit mal comment on peut concilier cette proportion mathématique avec cette autre, énoncée par le même auteur : « A mesure que la spécificité chimique des stimuli décroît, plus de poids doit être donné à la réactivité, c'est-à-dire à la compétence des tissus » (2). La déception des biologistes, chaque fois qu'ils découvrent l'extrême banalité d'un stimulus où ils avaient d'abord cru trouver la clé d'une formation, est pourtant difficile à cacher. Bonner est plus sincère ; il compare l'organisme (3) à un jardin dans une région sèche et le stimulus — plus spécialement l'auxine — à de l'eau d'arrosage. Le jardinier, par sa répartition, peut faire croître telle plante, et maintenir dormante telle autre plante ; il peut même empêcher la croissance des plantes qui demandent peu d'eau en les saturant — mais l'idée ne lui vient pas de croire que la nature de l'eau « est juste aussi importante » que les propriétés spécifiques des tissus végétaux.

### Non spécificité des inducteurs.

L'énorme prépondérance du tissu réagissant, et par conséquent le caractère pratiquement encore entier et inviolé du mystère morphogénétique, peut être établi par des arguments expérimentaux innombrables. Le principal est la non spécificité des inducteurs ou stimulateurs. Quand Spemann a baptisé « organisateur » la région privilégiée qui induisait le tube neural et inaugurait toute la différenciation, et qui, implantée sur le flanc d'un embryon, donnait un embryon secondaire, il croyait tenir une clé essentielle. Quand Holtfreter découvrit que le même matériel tué et bouilli produisait le même effet, puis, que du tissu adulte emprunté à toutes sortes d'animaux agissait également, puis, que toute une série de substances

(1) *Biochemistry and morphogenesis*, p. 112.
(2) *Ibidem*, p. 263.
(3) *Cells and societies*, p. 158.



chimiques était également efficace — les mêmes en partie que celles des hormones féminisantes et que les substances cancérigènes — il devint difficile de maintenir l'ambition d'un mot comme «organisateur ». On peut faire virer le sexe chez la Bonellie, où le sexe masculin est produit normalement quand une larve asexuée est en contact avec la trompe d'une femelle, par toutes sortes d'influences banales : traces de cuivre, glycérol, concentration de $CO^2$, etc. Même dans le développement normal, il est fréquent qu'une sorte d'indifférence au stimulus, pourvu qu'il y en ait un, se manifeste. Le plumage des oiseaux est influencé, selon les cas, par des hormones mâles ou femelles, par des hormones de l'hypophyse antérieure ou des hormones thyroïdiennes (1). D'une espèce à l'autre, l'ordre « inducteur-induit » se renverse. Preuve que ce qui compte, c'est la forme finale obtenue beaucoup plus que l'ordre ou la nature du « décrochage ». Ainsi, alors que chez les vertébrés la coupe optique, émanée du cerveau primitif, vient induire le cristallin sur l'ectoderme, chez les céphalopodes — dont l'œil ressemble pourtant beaucoup à celui des vertébrés — la coupe optique se développe au contraire à partir d'une invagination de l'ectoderme, et le ganglion optique est une différenciation dépendante d'un stimulus venant de cette invagination d'origine ectodermique (2).

Comme de Beer l'a montré d'une façon générale (3), *des structures contrôlées par des inducteurs identiques ne sont pas nécessairement homologues, et des structures homologues peuvent être contrôlées par des inducteurs différents ;* elles ne naissent pas nécessairement des mêmes situations dans l'embryon, des mêmes tissus primaires. La spécificité des formes et des comportements a quelque chose d'obstiné ; elle se réalise, non pas *selon*, mais *malgré* la variété des stimuli mis en œuvre. Et le même stimulus peut bien

(1) Benoit, *Instinct de reproduction chez les animaux* (dans *L'instinct*, Masson, 1956).
(2) J. Needham, *Biochemistry and morphogenesis*, p. 141.
(3) *Embryology and Evolution.*

être appliqué à des compétences différentes, les formes seront différentes.

Spemann et Rotman ont interchangé le matériel du cristallin entre deux espèces de tritons : la dimension du cristallin produit est toujours conforme à ce qu'elle est chez le donneur du greffon, et non chez le porteur du greffon, qui fournit seulement le stimulus inducteur. Cette obstination à garder la spécificité est d'autant plus remarquable qu'elle contraste avec la docilité du tissu à fournir un organe différent si on le place à temps dans une situation où il subira des inductions différentes. On peut interchanger de même, entre deux espèces d'amphibiens, le tissu qui normalement forme la bouche, il répond toujours à sa manière et, comme dit Spemann, « dans son propre langage ». L'inducteur de la bouche, chez les anoures, forme normalement des mâchoires cornées, mais si l'on substitue un tissu d'urodèle sur l'anoure au matériel buccal, l'inducteur de l'hôte induit des dents et non de la corne, et inversement (expérience de Schotté). C'est comme si, dit Spemann, l'indication donnée par le stimulus « Armement buccal », était tout à fait générale, et, qu'à cette indication, le tissu répondait selon sa compétence *spécifique*. Il fait peu de doute que le stimulus indicateur qui donne le signal, aux tissus greffés, de « former l'armement buccal », ne soit qu'une substance chimique banale.

Parler d'un « langage » de signal, c'est ne faire qu'une métaphore. Mais raison de plus pour qu'il n'en soit pas de même pour la « réponse », qui est vraiment, elle, sinon un langage, du moins l'expression complexe d'une compétence, non matériellement inscrite dans les tissus, mais psycho-biologique. Il est remarquable que cette compétence spécifique se manifeste aussi bien pour les rythmes physiologiques et pour les comportements instinctifs, que pour les formations au sens étroit du mot.

Si l'on échange, par exemple, entre deux espèces d'axolotls, dont le cœur ne bat pas au même rythme, le matériel formant le cœur, le rythme du cœur greffé est conforme au rythme du « donneur » (Copenhaven). Bien plus, dans une expérience vraiment fantastique de Giersberg, qui échange par greffe à un stade primitif les



cerveaux embryonnaires de deux espèces d'amphibiens (*Pelobates fuscus* et *Rana arvalis*), l'animal qui, adulte, possédait ainsi un cerveau de *Pelobates* dans un corps de *Rana* manifeste l'instinct fouisseur caractéristique de *Pelobates* (1). Par contre, si l'inter-greffe est opérée entre deux animaux de la même espèce, même si l'expérimentateur échange des organes qui sont à des phases de développements différents, le greffon s'adapte en général au « temps » de l'hôte. Ainsi, Twitty et Elliott enlèvent les deux yeux d'un amblystome de taille moyenne, et greffent l'un sur un individu plus petit, l'autre sur un individu plus grand que le donneur. Le greffon, dans les deux cas, adapte son rythme de croissance et il rattrape ou marque le pas, jusqu'à ce qu'il harmonise sa taille avec celle de l'hôte.

Des faits tout à fait semblables se produisent dans la métamorphose. Elle est naturellement spécifique, de caractère et d'ampleur très variables selon les espèces, alors que l'hormone qui la commande est la même chez tous les amphibiens : la thyroxine, dont l'iode constitue l'élément essentiel, parfois efficace par lui-même. De plus, la métamorphose a l'intérêt de montrer clairement que, pour un animal donné en train de se métamorphoser, les différents tissus réagissent au même signal hormonal selon leur compétence. On peut avancer ou retarder le moment de la métamorphose d'un individu, en lui fournissant de l'extrait thyroïdien ou en le privant d'iode. On peut même changer le moment de la métamorphose d'un tissu, en le greffant sur un animal plus âgé ou plus jeune. Mais on ne peut pas changer la nature de la réaction de l'animal ou du tissu. Chacun répond à sa manière : les bourgeons de membres croissent, la queue dégénère, les branchies s'atrophient, la peau devient plus épaisse, l'intestin se raccourcit, etc. Champy a montré qu'à un moment de la métamorphose, les cellules de deux tissus *contigus*, par exemple de l'épiderme du bourgeon de patte antérieure, et du revêtement d'une fente branchiale, se comportent en sens opposé, les unes se

(1) Rapporté par NEEDHAM, *Biochemistry and morphogenesis*, p. 348.

multipliant activement, les autres dégénérant. La frontière est abrupte. La compétence apparaît donc, dans ce cas, encore plus prédominante que la compétence des tissus végétaux à répondre à l'auxine. Il n'y a pas d'effets proportionnels ; un seuil de concentration de l'hormone est nécessaire, mais la réponse n'est pas proportionnelle au stimulus.

La foi du biologiste féru d'explications physico-chimiques, devant de tels faits, se rassure par l'idée qu'après tout une même cause physique, aussi, peut, agissant sur des matériaux physiques divers, produire des effets divers : la chaleur fait fondre la graisse, et durcir le blanc d'œuf, bien qu'ils soient aussi voisins, dans la même casserole, que les cellules observées par Champy. On n'en conclut pas pour autant que la chaleur est, non une cause, mais un signal auquel le beurre et l'albumine sont psychologiquement compétents pour donner une réponse spécifique. Seulement le cas des divers organes dans la métamorphose ou dans le développement en général est tout à fait différent. Par quel miracle, si la thyroxine produit simplement sur eux un effet comme la chaleur sur le beurre, tous les effets divers sont-ils si bien ajustés que les modifications de chaque tissu convergent avec les modifications des autres pour produire un organisme harmonieux ?

Ce qui permet l'illusion des expérimentateurs, c'est qu'ils observent naturellement surtout les *débuts* des différenciations. Dans le développement ordinaire comme dans la métamorphose, ces débuts sont souvent très simples structuralement. L'inducteur primaire ne commence par produire qu'une amorce de gouttière, un simple plissement ; la thyroxine d'abord accélère simplement les divisions cellulaires dans certains territoires. Il n'est pas choquant d'admettre que de simples effets chimiques y suffisent. Mais comme ce n'est qu'un début, que la gouttière deviendra tout un système nerveux et le têtard une grenouille, il faut bien admettre que la « cause » a été un signal et l'« effet », une réponse complète ; il faut bien que l'action opposée de l'hormone sur deux tissus voisins, soit comparée plutôt à l'action opposée de la même sirène d'usine sur l'équipe descendante, pour laquelle



elle signale « fin du travail », et sur l'équipe montante, pour laquelle elle signale « commencement du travail ».

Sur les tissus des branchies et de la queue d'un amphibien en métamorphose, l'hormone est même le signal « fin de l'existence », et l'extraordinaire, dans cette « compétence pour s'atrophier » est que les tissus s'occupent activement de se supprimer eux-mêmes. On avait cru longtemps que, dans la métamorphose, l'atrophie de la queue était un simple effet physique, causé par l'occlusion des vaisseaux sanguins comprimés par la colonne vertébrale en croissance. Mais des expériences ultérieures ont prouvé qu'il s'agissait bien d'une « compétence pour s'atrophier », car si avant la métamorphose on greffe la queue en quelque autre endroit du corps, elle s'atrophie au moment venu ; et inversement si l'on greffe sur la queue d'un têtard d'anoure des tissus de bourgeons de membres, ou même une ébauche d'œil, ces tissus subsistent alors que la queue disparaît, et, dans l'étrange expérience de Schwind, l'œil greffé se déplace à mesure que se résorbent les tissus porteurs, pour se fixer finalement dans le sacrum de la grenouille, où il ressemble à une lanterne arrière.

### Compétence et apprentissage.

Ce qui oppose la compétence biologique à la compétence humaine, c'est qu'elle n'est pas acquise progressivement, et par des efforts d'apprentissage. Elle apparaît et disparaît ; elle est comme donnée aux tissus, puis elle leur est retirée. Avant la gastrulation, les cellules qui deviendront l'ectoderme ne sont pas encore compétentes pour former un tube nerveux, et d'autre part, si l'on isole un ectoderme qui, en place, aurait formé un système nerveux, il perd sa compétence au bout d'un certain temps. Avant un certain âge, l'hormone thyroïdienne n'a aucun effet sur les tissus du têtard. Puis, les tissus « savent » comment y répondre, sans l'avoir appris. Certains amphibiens, comme l'axolotl, gardent la compétence pour se métamorphoser, mais perdent partiellement le stimu-

lus nécessaire, et d'autres amphibiens (Necturus), ont gardé le stimulus, mais ont perdu la compétence. Mais si la compétence biologique ne ressemble pas à la compétence humaine, elle n'en ressemble pas moins à une compétence psychologique, et non mécanique. Car une compétence pour un comportement instinctif — incontestablement psychologique — est aussi donnée à l'animal sans apprentissage préalable et peut être perdue par lui si aucun stimulus ne vient l'éveiller à temps. La compétence est une mémoire spécifique qui peut rester dormante, ce n'est pas une machinerie qui ne fonctionne pas faute de moteur.

### Essais d'analyse de la compétence.

Les biologistes ont cependant essayé de s'attaquer à l'analyse de la compétence comme ils s'étaient attaqués à l'analyse des stimuli, mais sans véritable succès. Ils ont seulement découvert des phases dans la réponse, dont chacune a d'ailleurs tous les caractères d'un comportement signifiant, seulement à des niveaux différents d'intégration. Ces expériences ont même le grand intérêt de souligner l'analogie entre un tissu compétent qui répond à une hormone, et une colonie de bactéries ou d'amibes qui répond — ou qui répondent — à un signal chimique. Que se passe-t-il en effet, se sont demandé Umanski et Holtfreter, si l'on prend du tissu compétent (par exemple de l'ectoderme au moment où il est compétent pour former un tube neural au contact de l'inducteur) et si on le découpe en cellules au moyen d'un cheveu, pour en former une masse cellulaire amorphe ? Mise au contact de l'inducteur, cette masse essaie de répondre : les cellules se différencient en cellules nerveuses, et même elles arrivent parfois à former une structure d'ensemble typique, en se groupant en tubes nerveux d'apparence normale. Toutefois, surtout si l'inducteur n'est pas emprunté à du tissu vivant, le tissu compétent, réduit à l'état de foule cellulaire amorphe, réussit mieux sa réponse histologique que sa réponse morphologique. Cela semble indiquer que le stimulus inducteur agit d'abord sur la structuration cellulaire



qui, à son tour, produit — quand les cellules ne sont pas artificiellement mises hors d'état de le faire — la structure morphologique d'ensemble. Dans une colonie d'amibes également, la structure d'ensemble est moins, au début, une compétence de l'ensemble que le résultat de la compétence, induite par stimuli signaux, des amibes individuelles à se grouper et à se déplacer d'une certaine manière.

Le lien entre la compétence proprement cellulaire et la compétence morphologique générale apparaît très clairement dans beaucoup d'autres domaines. Certaines espèces de salamandres ont une pigmentation uniformément répandue sur tout le corps, d'autres, une ligne de pigmentation concentrée le long du flanc. Twitty (1) a montré que ce caractère morphologique dépendait d'une compétence instinctive des cellules porteuses de pigments. Si on les cultive *in vitro*, elles manifestent, selon l'espèce, un instinct migratoire soit pour se disperser, soit pour se rassembler, comme les amibes de *Dictyostelium*, et même Twitty a pu prouver qu'elles émettent, tout comme les amibes coloniales, une substance signal, à laquelle, selon leur compétence ou leur instinct, elles répondent, soit par la dispersion, soit par le groupement. Le dessin pigmentaire d'ensemble de l'animal résulte donc de la compétence individuelle de ses cellules pigmentaires. Dans le développement du système nerveux, une compétence générale du tissu doit certainement coordonner les compétences cellulaires, car il s'agit là de modifications beaucoup plus complexes qu'un rassemblement ou qu'une dispersion. Mais on comprend que, dans les expériences de Umanski et Holtfreter, une compétence cellulaire se révèle distincte de la compétence morphologique proprement dite. Cela n'empêche pas, bien au contraire, que toutes les compétences ne soient de même nature, instinctive et psycho-mnémique.

(1) Cité par Bonner, *Morphogenesis*, p. 202.

## Chapitre VII

# DÉROULEMENTS AUTONOMES ET COMPORTEMENTS RÉGULÉS

C'est l'étude soignée de l'instinct qui peut éclairer sur la nature de la compétence formatrice. Le comportement, on ne saurait trop le souligner, n'est pas un surcroît de la formation, c'en est le principe. C'est évidemment l'instinct de nidifier, et ses modes, qui commande la forme du nid, l'instinct de filer qui commande la forme de la toile d'araignée ; c'est le rythme propre de l'instinct qui commande les formes spéciales de ses produits.

### Activité et forme.

La forme spatiale est toujours seconde relativement à une activité. L'oiseau fait son nid, et les cellules d'une certaine phase embryonnaire font les formes de la phase suivante. Un mollusque fait la spirale de sa coquille comme une sorte de nid dont la croissance régulière s'inscrit dans l'espace. Les dessins d'une coquille de mollusque sont l'œuvre des cellules du bord du manteau, qui secrètent des pigments et les incorporent à la coquille. Si certaines cellules sont plus actives que d'autres, cette différence d'activité se traduira par des bandes plus colorées, le long de l'enroulement. Si certaines cellules travaillent en



rythme périodique, ce rythme se traduira par des bandes transversales à l'enroulement (1). Dans tous les domaines, la forme, sous son aspect spatial, est le produit d'une activité, et de la « forme » de son rythme ou de sa mélodie. Les bandes longitudinales d'un coquillage, à la différence des bandes transversales, dépendent immédiatement, il est vrai, de la disposition spatiale des cellules productrices de pigments. Mais cette disposition elle-même a été obtenue par des mises en place actives.

Fig. 11

Cette prédominance de l'activité sur la forme spatiale commence à être bien reconnue par tout le monde, et, des physiciens atomistes aux sociologues, on peut dire que cette reconnaissance est un des caractères distinctifs de la science du XX^e^ siècle. Mais, dans tous les domaines aussi, la tendance des hommes de science est d'en conclure que la forme spatiale est le pur effet de l'activité, effet en lui-même quelconque, non voulu et non signifiant. Le causalisme intempérant du XIX^e^ siècle continue à se combiner avec les conceptions plus modernes de l'activité. On interprète parfois comme un caractère « non platonicien » de la science moderne, ce fait qu'elle ne croit plus aux formes, mais aux processus dynamiques. Cette interprétation est contestable, et l'on parlerait aussi justement d'un approfondissement du platonisme. D'abord, les activités formatrices n'aboutissent à une

(1) Cf. A. Portmann, *Animal forms and patterns*, p. 131.

forme spatiale qu'à la condition de n'être pas elles-mêmes « amorphes ». La forme, en un sens plus subtil, se retrouve dans l'activité, comme thème de la structuration active. Surtout, la forme à laquelle aboutit l'activité organique n'est pas quelconque. Même les *patterns* décoratifs superficiels ont le plus souvent un sens et une valeur, esthétique ou utilitaire : ils servent de camouflage, ou de publicité sexuelle ou agressive. Leur « frange fortuite », comme les franges fortuites de l'activité instinctive, servent encore, indirectement le rendement esthétique. La notion même d'activité formative, si on ne la confond pas, à la manière des mécanistes du siècle dernier, avec le fonctionnement, implique que la forme spatiale encore future préside à l'activité, comme thème directeur, sinon comme modèle déjà fait et comme plan précis de fabrication. Parce que l'instinct de nidifier est plus fondamental que la forme spatiale du nid réalisé, pour nous qui voulons l'expliquer, il ne faut pas conclure que le nid n'est qu'un pur effet, alors qu'il est évidemment, au contraire, le sens, omniprésent, de l'activité de nidifications. Inspirons-nous librement d'une

Fig. 12

remarque de A. Portmann (1), elle-même inspirée par Von Uxkull. Si l'on trouve, sur un tesson enfoui, ce dessin (*fig.* 12), il est certes intéressant d'analyser les modes et matériaux de formation, le pigment dont il est fait, et l'instrument probable qui a pu servir à le mettre en place. Mais il est essentiel de s'aviser qu'il faut regarder les blancs et qu'il s'agit du mot ZEUS, écrit blanc sur noir. L'étude des moyens et même des modes d'exécution, n'épuise l'analyse, ni

(1) *Animal forms and patterns*, p. 128.



de la forme, ni de l'activité formatrice, dont le sens importe encore plus que la matière. Dans un nid, ce qui compte — de même que dans un vase, dirait Lao Tseu, et de même, ajoutons-nous, que dans une foule d'organes en récipient ou en tuyau — c'est le creux, le vide intérieur, ce qui est « laissé en blanc », puisque ce vide recevra les œufs et les oisillons. L'activité de l'oiseau, qui fabrique le fond et les bords du nid, est *avant* la forme spatiale et matérialisée ; mais la forme elle-même, ou plutôt son sens immatériel, est « *avant* » la fabrication active, puisqu'elle en est le thème.

L'étude soignée du comportement instinctif est donc apte à révéler, beaucoup mieux que l'analyse chimique des stimuli ou des matériaux présents dans le tissu, ce qu'est en elle-même la morphogénèse. Si l'on considère comme admis que l'activité formatrice est avant la forme réalisée et d'autre part, que cette activité est vraiment thématique, il reste à essayer de comprendre, surtout d'après les connaissances sur l'instinct, quel est le mode de cette activité.

### Les trois modes de l'activité thématique.

Une activité en général peut être thématique de trois manières : *a*) un entrepreneur construit une maison d'après un plan d'architecte ; *b*) un homme accomplit « machinalement » dans l'obscurité une série de gestes habituels ; *c*) un homme, frileux, s'approche du feu pour se réchauffer. Donnons encore, comme exemples parallèles : *a*) un pianiste qui déchiffre une partition ; *b*) ou qui joue un morceau qu'il sait par cœur ; *c*) ou qui compose par tâtonnements une mélodie exprimant le sentiment vague qu'il éprouve. Ces trois genres d'activités sont également thématiques, mais leur mode est différent. On peut le caractériser comme : *a*) action sur plan ; *b*) action en déroulement « machinal » ; *c*) action à régulation improvisée. Le premier type d'action est très rare dans l'instinct. Seules les abeilles, et peut-être les fourmis, sont capables de s'inspirer d'un thème d'action indiqué par les signes d'une congénère. Et il est peu concevable dans la

morphogénèse, à moins de recourir à un platonisme mythique. Par contre, les deux autres types sont possibles. Les théories actuelles de l'instinct se partagent précisément à ce sujet. En gros, les théoriciens allemands et hollandais : Tinbergen, Lorenz, et leurs élèves, soulignent le rôle des « déroulements autonomes » ; les théoriciens américains, Hull, Hebb, Richter, Lehrman, réduisent à l'extrême minimum la spontanéité innée, et soulignent plutôt le rôle des comportements improvisés et d'un learning tâtonnant. Les théories allemandes sont inspirées en partie de la *Gestalt theorie*, en tant qu'elle croit à des formes auto-consistantes, non en tant qu'elle réduit ces formes à des équilibres improvisés. Les théories américaines sont inspirées du behaviourisme et de la cybernétique. Les unes comme les autres d'ailleurs s'efforcent de donner une interprétation mécaniste de leurs découvertes, mais plutôt par l'effet d'un préjugé résiduel que par la contrainte des faits. Si l'on considère seulement les faits découverts et leur description, et si l'on élimine les interprétations mécanistes, on s'aperçoit que les deux écoles ont raison toutes les deux. Dans l'instinct, les deux types d'action se rencontrent et se mêlent étroitement et il en est de même dans la morphogénèse.

### Les déroulements autonomes.

Voyons d'abord le type « déroulement autonome ». Au début de ce siècle deux zoologistes, Whitman et Heinroth, cherchaient à préciser les relations entre les différentes espèces de pigeons et les différentes espèces d'oies et de canards. Ils étaient à la recherche d'un caractère morphologique, mais ils découvrirent que le meilleur guide pour une bonne classification était plutôt un type de mouvement, un « pattern moteur », commun à toutes les espèces d'un genre et même d'un ordre, et critère infaillible : « On peut par exemple prédire avec une parfaite certitude que toute espèce nouvellement découverte, appartenant à l'ordre des pigeons (Colombidés), boira d'une certaine manière, en faisant des mouvements de succion de l'eau,



et que toutes les espèces d'Anatidés (oies et canards) prendront l'huile de leur glande à huile en y frottant leur tête dans un mouvement de rotation (1). » Cette découverte fut à l'origine de toute une science nouvelle, l'éthologie comparée, qui s'efforce de faire des inventaires complets de tous les types de comportement propres à une espèce, d'étudier leur embryologie et leur développement chez l'individu, leur origine évolutive, leurs déplacements, leurs homologies.

Un comportement moteur de ce genre a tous les caractères d'une structure spécifique. Il est inné ; il n'est pas plus modifiable par le milieu que n'importe quel caractère mendélien ; il est même parfois dissociable, par hybridation, des structures organiques qu'il concerne : les mutants « sans ailes » de la drosophile ont conservé les mouvements typiques de nettoyage des ailes. Il n'est pas acquis par apprentissage individuel, et il apparaît chez l'individu par convergence de « déterminations », comme un organe complexe. Il apparaît souvent avant que l'organe qui doit l'accomplir ait terminé sa croissance. Ainsi, un jeune oison tient son adversaire avec son bec, exactement dans la position où son aile le frapperait si cette aile avait la proportion d'une aile adulte. Il est même susceptible de développement « originel », quand un greffon emporte avec lui une compétence de comportement comme de structuration, ainsi que le prouvent les expériences de P. Weiss sur le développement des pattes greffées d'amblystome.

Surtout, il est *autonome*, c'est-à-dire qu'il a en lui-même une sorte de ressort de déroulement. Bien que, normalement, des stimuli-signaux orienteurs soient efficients pour le guider, et qu'un stimulus-signal soit nécessaire pour le déclencher, parfois la tension du ressort est telle que le seuil d'efficacité du stimulus est abaissé à l'extrême, et que les stimuli orienteurs sont méconnus. Un poisson combattant, privé d'un rival mâle, fait des mouvements d'attaque sur sa femelle. Ou même les mouvements de combat se déroulent à

(1) Lorenz, *La théorie objectiviste de l'instinct*, p. 2. (*L'instinct*, Masson, 1956).

vide, dans un ordre immuable, les différentes composantes du mouvement apparaissant plus ou moins au complet, selon la tension autonome, et parfois se répétant rythmiquement. Ainsi, un étourneau captif épie un insecte inexistant, puis fait des mouvements de capture et d'avalage. En l'absence de tout oiseau de proie, des canards font des mouvements de fuite et d'esquive. De même encore, des mouvements de couvade, d'enfouissement de nourriture sont souvent accomplis en l'absence de tout objet.

Il est important de remarquer que l'on trouve ce genre de mouvements autonomes et de déroulements à vide dans la physiologie proprement dite, et dans la morphogénèse, par exemple dans les battements cardiaques autonomes et dans les mouvements de reptation du ver de terre. Von Holst, par exemple, a complètement isolé un système nerveux de ver de terre, qu'il suspend dans de la solution de Ringer : ce système nerveux continue à produire, en parfaite coordination, les impulsions commandant la reptation. Dans la morphogénèse, une compétence pour un mouvement ou une formation peut aussi se manifester en l'absence du stimulus normal. Ainsi, chez les amphibiens, le cristallin est évoqué par un stimulus émanant de la coupe optique. Si l'expérimentateur empêche la coupe optique de venir au contact du territoire compétent, le cristallin ne se forme pas, du moins dans la plupart des espèces. Mais, dans la grenouille (*Rana esculenta*), il se forme « de lui-même ». De même. dans la métamorphose du têtard, la peau doit se perforer pour laisser le passage du bourgeon de membre antérieur. On croyait que la pression mécanique du bourgeon provoquait la perforation. Mais celle-ci se produit, même si l'on enlève préalablement le bourgeon. Ces faits morphogénétiques de « double assurance » ont été contestés, de même qu'ont été contestés les « mouvements à vide » de Lorenz. L'on comprend qu'ils soient aisément contestables, car on ne peut jamais démontrer absolument qu'aucun stimulus n'ait agi. Mais que le stimulus soit infinitésimal ou qu'il soit nul, le fait du déroulement quasi autonome subsiste. Dans les mouvements instinctifs, le stimulus



peut être nettement hallucinatoire : l'étourneau fait le mouvement d'ouvrir le bec pour élargir une fente et attraper un insecte, même s'il n'y a aucune fente à sa portée ; un chien, observé par E.S. Russell, « enfouit » un objet qui le gêne dans le plancher d'un appartement, en poussant dessus, avec son museau, une terre imaginaire (1). De même, dans la morphogénèse des mammifères, l'embryon produit les mêmes annexes que l'embryon d'un oiseau ou d'un reptile, et notamment une vésicule ombilicale correspondant au sac vitellin, bien qu'il n'y ait pas de vitellus à mettre en sac.

### Les comportements « régulés ».

Voyons maintenant le type « comportement régulé », improvisé ou acquis par exercice. Si l'on considère, non plus des *mouvements* instinctifs isolés, mais des comportements proprements dits, dans toute leur ampleur, par exemple le comportement maternel ou le comportement alimentaire, la scène change, et le rôle des déroulements moteurs autonomes, s'il existe, paraît en tout cas secondaire. A priori, on conçoit qu'un animal, dans un milieu complexe et accidenté, aurait peu de chances de survivre s'il ne pouvait se livrer qu'à des mouvements stéréotypés, même plus ou moins corrigés par des stimuli orienteurs. Bien plus importantes sont les réponses improvisées directement sur le stimulus externe ou interne, sur le stimulus agissant comme une sorte d'irritant (*drive stimulus*), non comme un signal, réponses mises au point progressivement, par conditionnement et apprentissage, ou régulées en *feed back* par leurs effets sensibles. L'impression que le comportement maternel est effectué correctement dès la première fois sans apprentissage est fallacieuse. Ainsi (2) des pigeons *qui ont déjà nourri,* si on leur injecte de la prolactine, se mettront à nourrir, par regurgitation de lait de jabot, des jeunes placés en des nids artificiels dans

(1) E.S. Russell, *Le comportement des animaux*, p. 230.
(2) Lehrman, *On the organisation of maternal behavior* (*L'instinct*, Masson, 1956).

leur cage, alors que, sans prolactine, ils les courtisent ou les attaquent. Mais si les oiseaux n'ont pas déjà eu une première expérience, malgré l'injection de prolactine, ils ne s'approchent pas des jeunes, et ne les nourrissent pas. Ils ne les attaquent pas non plus, probablement à cause de l'effet inhibiteur de la prolactine sur les gonades. Ils semblent être sous l'effet d'une grande tension. Mais cette tension inquiète ne sait comment se détendre en actes. Dans une autre expérience, même des oiseaux expérimentés et prolactinisés ne nourrissent pas les jeunes, si l'on a anesthésié leur jabot. Il semble donc que l'effet de la prolactine n'est pas de susciter dans le système nerveux central le déroulement de mouvements stéréotypés, mais seulement de gonfler le jabot, de produire une irritation superficielle, qui provoque à son tour des actes propres à la détendre. Et il semble aussi que la vue des jeunes est loin d'être un stimulus signal infaillible, que la réponse est tâtonnante et doit être à demi apprise, à partir des comportements voisins qui se révèlent à l'animal comme bons « détendeurs ».

Il faut bien, évidemment, qu'un pigeon se mette à nourrir une première fois, qu'un rat, même primipare, se mette à construire un nid, à lécher ses petits nouveaux-nés, et à les allaiter. Mais, remarque Lehrman (1), avec l'école américaine, le fait qu'un *pattern* d'action se réalise la première fois que l'animal est dans la situation biologique appropriée ne prouve pas nécessairement qu'un exercice n'ait pas joué un rôle dans sa genèse.

Dans de curieuses expériences de Riess et de Birch, si l'on élimine pour des rates dès leur naissance, toute occasion de transporter des objets, et si d'autre part on leur met quand elles sont en période de gestation des colliers autour du cou qui les empêchent de lécher leur propre corps et notamment leurs organes génitaux, colliers qu'on ne leur enlève qu'au moment même de la parturition, ces rates ne savent pas construire un nid, et mangent leurs petits au lieu de les lécher. Le transport d'objets quelconques doit donc servir d'exercice pour le *pattern*

(1) *Ibidem*, p. 12.



« transport d'objets pour la construction du nid », et le léchage du corps sert de comportement modèle pour le *pattern* « léchage des petits ».

D'autre part, on a pu montrer que la construction du nid était liée aux efforts du rat pour maintenir la température du corps. Il y a des hormones dites « de nidification », mais elles n'agissent en réalité qu'en élevant l'exigence minima de température. Dans le cas du pigeon, on peut de même reconstituer l'enchaînement des mises au point laborieuses qui conduisent au comportement parental dès la première fois. Diverses hormones, en gonflant de sang et en déplumant l'abdomen, causent une irritation locale que soulage le contact lisse et froid des œufs : l'oiseau apprend ainsi à couver. Peu avant l'éclosion, la tension du jabot produit une tendance à la régurgitation. La présence des petits nouvellement éclos l'accentue, et l'on observe souvent que la régurgitation se produit une première fois par chance, pendant que le pigeon, nettoyant les plumes de sa poitrine, rencontre le bec d'un jeune. Puis, le comportement de nutrition s'organise. Mais il est indispensable que le jeune, d'abord, se trouve tout près, et l'on comprend que devant des oisillons amenés dans la cage en des nids artificiels, le pigeon inexpérimenté, qui n'a pas suivi la filière, ne sache pas les nourrir.

L'instinct, si instinct il y a, apparaît donc comme indissociable d'un apprentissage continu, d'un effort continu et improvisé pour se débarrasser d'une gêne, et pour maintenir des sensations de détente. On n'y voit pas de déroulements automatiques, ou de mouvements innés et stéréotypés.

Les investigations de Richter sur l'appétit du rat vont dans le même sens. Soit par exemple l'appétit du rat pour le sel. Le rat n'a aucun instinct tout fait pour absorber le sel dont son organisme a besoin ; mais par contre, il fonctionne comme un homéostat chimique très délicat pour maintenir dans son régime la proportion optima de sel, si par exemple on lui offre son sel, en solution qu'il peut goûter, comme accompagnement d'une nourriture dessalée. Si l'on enlève des capsules surrénales à un rat, il meurt rapidement, par suite d'une perte excessive de sel dans l'urine. Mais si on lui permet d'absorber du sel à volonté, il se maintient en vie en augmentant *sponta-*

*nément* la dose ingérée. De même en période de gestation. Entre les solutions salées à diverses concentrations, le rat choisit celle qui maintient au mieux la proportion optima du sel, étant donné son régime alimentaire, et son état hormonal.

### Les comportements mixtes.

Le contraste entre ce type de comportement, tel qu'il est interprété par l'école américaine, et le premier type, tel qu'il est interprété par l'école allemande, paraît abrupt. On ne trouve pas, dans le second type, de comportement central, inné, préformé, séparable des éléments acquis, indépendant des sensations et des stimulations externes qui, dans la conception de Lorenz, ne font qu'en ajuster le détail. Et, bien entendu, les psychologues américains mettent en question l'interprétation allemande, même pour les comportements du premier type. D'après eux, l'exercice et l'apprentissage sont présents partout. Il y a sans doute de l'inné, mais inné et acquis ne sont pas séparables. Il n'y a pas de *pattern* central de mouvements, entièrement inné, toujours prêt à se dérouler, présent dans la structure du système nerveux central, et déclenché *en bloc* par l'état hormonal ou le stimulus externe. Les sensations périphériques, ou les irritations et engorgements causés par les hormones, donnent plus que des orientations de détail. Elles sont le moteur même de l'acte par lequel l'animal essaie de diminuer la tension ou l'irritation. L'animal est pareil à un homéostat, à un automate perfectionné avec *feed back* et régulateur, non à un automate tel qu'on en fabriquait au XVIII[e] siècle ou à un orgue de barbarie muni de mélodies toutes prêtes. La régulation par sensations organiques « proprioceptives » joue un rôle capital dans l'instinct, surtout quand il s'agit d'un besoin instinctif. La respiration par exemple est un ensemble de mouvements coordonnés par les centres nerveux spécialisés quand elle se déroule normalement. Mais, comme l'a souligné J.B.S. Haldane, pour un animal à respiration aérienne plongé sous l'eau ou pour un homme enseveli vivant, les sensations d'étouffement



causées par l'accumulation anormale d'acide carbonique font de l'acte respiratoire un instinct qui demande priorité sur tout autre acte. Elles exigent des improvisations d'activité : revenir à la surface, écarter la terre ou la neige, qui deviennent ainsi des « actes respiratoires » tout aussi bien que l'inspiration ou l'expiration normale. De même, l'instinct sexuel se présente beaucoup plus, dans l'expérience psychologique, comme un effort improvisé, tâtonnant, et souvent aberrant, pour se débarrasser d'une tension et pour continuer des sensations agréables, que comme une sorte de déroulement moteur déclenché une fois pour toutes.

En y regardant de plus près, il y a beaucoup de « proprioceptions » même dans les cas cités par Lorenz et Tinbergen. La nature exacte des mouvements de reptation du ver de terre et des mouvements de nage de l'anguille, par exemple, n'est pas encore tout à fait tirée au clair. On croyait que la contraction ou la torsion se propageait comme une chaîne de réflexes, chaque contraction musculaire dépendant d'une stimulation proprioceptive causée par la traction du muscle précédent. Puis, nous l'avons vu, les expériences de Von Holst ont paru réfuter cette conception : un système nerveux de ver continue à commander la reptation, même s'il ne reçoit aucune sensation proprioceptive des muscles ou de la peau ; les mouvements locomoteurs chez l'anguille ne commencent pas à l'extrémité céphalique pour se propager en arrière, une stimulation périphérique s'exerce bien, mais elle agit simultanément sur tous les muscles du tronc. Faible, elle fait prendre à l'animal, dans l'ensemble, une posture ondulatoire, plus forte, des activités rythmées de tous les muscles commencent simultanément (1). Mais d'autres physiologistes ne sont pas d'accord avec Von Holst, et il semble que, si l'on supprime toute proprioception chez le chat, ou même chez les poissons et amphibiens (Gray et Lissmann), la locomotion normale ne se produit pas.

On comprend ces difficultés et ces hésitations des biologistes, car, si l'on considère beaucoup de comportements humains, on s'aperçoit que mélodies « gestal-

(1) Cf. Tinbergen, *Etude de l'instinct*, p. 106

tisées » et régulations par sensation de l'effet obtenu, se mêlent d'une manière inextricable, et aussi peuvent se remplacer les unes les autres. L'écriture, par exemple, chez l'enfant qui apprend à écrire, est évidemment régulée par la vue. Mais un adulte habitué, qui a une trop mauvaise vue pour pouvoir lire, est capable néanmoins d'écrire correctement, pourvu qu'il puisse voir en gros la ligne et la place où mettre le mot. La mélodie motrice qui aboutit à l'écriture du mot est déclenchée en bloc, comme la nage de l'anguille. Complètement aveugle toutefois, il ne pourrait plus écrire, à moins, comme d'Annunzio blessé, d'employer des bandes étroites de papier, permettant un guidage tactile.

### Interprétation de la théorie de Lorenz.

Ce qui fait l'acuité du conflit entre les deux interprétations, c'est qu'elles retrouvent, sous des formes nouvelles, de vieux contrastes théoriques fondamentaux : croyance à l'hérédité ou au milieu, à la préformation ou à l'épigénèse. L'école américaine croit à la solidarité totale de l'organisme et du milieu, elle croit à l'épigénèse du comportement instinctif, et reproche à l'école allemande d'être préformationniste. Nous avons laissé volontairement dans l'ombre la partie faible de la théorie de Lorenz-Tinbergen : l'interprétation des déroulements autonomes par mécanismes nerveux spécialisés. Ces mécanismes nerveux tout montés dans les centres seraient progressivement mis en action, ou rendus sensibles au moindre stimulus, par accumulation centrale d'énergie (nerveuse ou hormonale), comme dans un automate hydraulique à l'ancienne mode. Il arriverait même que, sous l'effet d'une pression anormale ou d'un blocage de l'exutoire normal, un débordement de l'énergie mette en action des mécanismes non appropriés. Ainsi s'expliqueraient les «activités de déplacement », telles que le lissage des plumes ou le creusement d'un nid au cours d'une bataille.

Tinbergen a cru trouver une confirmation de ces vues dans les expériences de Hess et Brügger qui, en



introduisant de petites électrodes dans le diencéphale de chats intacts, ont pu détecter des régions dont l'excitation suscitait, en parfaite coordination, des comportements de bataille ou de recherche de nourriture. Il y voit la preuve qu'il existe des mécanismes qui captent les excitations et les redistribuent sous forme de mouvements tout configurés. Or, cette interprétation — où l'on reconnaît le vieux modèle mécanique du piège ou de l'orgue de barbarie — est très peu vraisemblable.

Des expériences plus récentes de Hess, de A. Kert et de Delgado (1953), ont révélé que l'excitation du même point du diencéphale produisait des effets moteurs très variables suivant la nature de l'influx, et que les mêmes effets pouvaient être produits par stimulation de places différentes. Plus généralement, on sait que les stimulations des centres moteurs au niveau du diencéphale ou du cortex donnent des résultats tellement variables que l'on peut difficilement imaginer, dans ces centres, des sortes de « disques » tout prêts pour des comportements stéréotypés.

Les neurologues ont souligné avec quelle peine on peut comprendre l'ordre temporel d'un comportement complexe, comme chez l'homme le prononcé d'une phrase, ou chez l'animal l'exécution d'un acte instinctif. (1) La vieille théorie d'une chaîne associative de réflexes est insoutenable. Dans une phrase verbale comme dans une « phrase motrice », chaque mot, comme chaque mouvement, ne peut être suscité par la seule excitation du mot ou du mouvement précédent. On s'en aperçoit bien, par exemple, dans les lapsus avec compensation. Une femme en colère dit à son mari : « J'ai étyré un pousan ! » au lieu de : « J'ai épousé un tyran » (2). Le mot principal « tyran » anticipe sur sa place dans la phrase, et par compensation, la partie du mot déplacée, « pous » se loge ailleurs. Il

(1) Cf. Lashley, *The problem of serial order in behavior.* (Hixon symposium, éd. Jeffres, 1951).

(2) Exemple de G. Dumas. Les sténographies de propos d'aphasiques donnent ces exemples à profusion.

fallait donc qu'un thème directeur, relativement intemporel, ait présidé à la mise en place de la séquence temporelle, en commençant par la mise en place d'un schéma syntaxique. Le mot « monstre », é-ty-ré, est correct dans sa forme grammaticale de participe passé, s'il est mal « rempli », le « verticalisme » du thème est ici patent, comme dans la langue chinook qui intéresse tant Raymond Queneau, et dans laquelle les formes syntaxiques et les mots sont exprimés séparément. Vendryès fait remarquer qu'en français parlé — comme en chinook — on trouve des phrases de ce genre où les schémas sont donnés avant leur contenu : « Il l'a ti jamais attrapé, le gendarme, son voleur ? » Les linguistes s'accordent parfaitement sur ce point avec les neurologues et psychologues qui ont étudié les diverses formes d'aphasie (1), et qui, selon les théories « verticalistes » d'Hughling Jackson, ont constaté, dans la formation de la phrase, une sorte de cascade de déterminations, de l'ébauche abstraite aux « morphèmes » et « sémantèmes » placés dans l'ordre temporel.

Revenons au comportement moteur. Lashley a démontré (2) que, pour un pianiste jouant une cadence très rapide, la vitesse des mouvements est trop grande pour que leur organisation dépende des stimuli récurrents issus des muscles de la main. Si l'on tient compte de la vitesse de la conduction nerveuse, il est certain que les influx nerveux nécessaires à chaque mouvement doivent quitter le cerveau avant que les stimuli nés du précédent mouvement aient eu le temps d'y faire retour. Les schèmes moteurs doivent donc être temporellement organisés dans le centre cérébral. On trouve des comportements instinctifs dont la vitesse exige la même conclusion. En apparence, cette remarque de Lashley, qui contredit nettement la conception de Lehrman sur le rôle de la proprioception, est favorable à la thèse de Tinbergen et de Lorenz. En réalité, cette organisation centrale improvisée et active,

(1) Cf. OMBREDANNE, *L'aphasie et l'élaboration de la pensée explicite.*
(2) *Hixon symposium*, p. 123.



n'a rien de commun avec la mise en fonctionnement d'un mécanisme nerveux, d'un disque cérébral qu'il n'y aurait qu'à faire tourner. Même le pianiste qui joue par cœur organise activement la séquence motrice, comme un homme qui prononce une phrase. ou même qui la récite par cœur, en organise activement la forme syntaxique. L'oie qui ramène un œuf au nid, ou le canard qui huile ses plumes, ou le poisson qui ventile son nid en renversant les mouvements de nage de ses nageoires pectorales, est certainement semblable à un pianiste qui organise globalement une séquence motrice, plutôt qu'à un piano mécanique qui fonctionne. Ce qui le prouve, ce sont les phénomènes de transfert et de réorganisation instantanée, aussi fréquents dans l'instinct que dans l'habitude. Si le « cœur » de l'acte instinctif était un déroulement lié à un mécanisme nerveux préformé, il ne pourrait pas être adapté aux circonstances par des stimuli-guides, car cette adaptation demande souvent un déplacement d'ensemble de l'acte à d'autres groupes de muscles et de neurones. Un rythme musical n'est pas imposé à l'exécution comme la mécanique d'un métronome à d'autres mécanismes, il est un thème rythmique auquel les mouvements d'exécution s'adaptent. « Si le leader d'un quatuor accélère le rythme ou le retarde, tous les mouvements des joueurs se modifient proportionnellement. Le violoniste, dans un passage demandant l'emploi de tout l'archet, tire l'archet d'un bout à l'autre, à une vitesse uniforme pour le nombre requis de notes, que le temps soit lent ou rapide » (1). De même dans les rythmes de nage des poissons, étudiés par Von Holst, il y a une contamination thématique des rythmes des différentes nageoires et même de la respiration, qui serait inexplicable si chacun de ces rythmes était un fonctionnement local.

Tous les ratés de l'instinct, tous les déplacements, tous les petits accidents de substitution au cours d'un acte, signalés par Tinbergen, sont semblables à des lapsus signifiants, à des fautes d'orthographe ou de grammaire, non à des fautes de frappe à la machine

(1) LASHLEY, *op. cit.*, p. 127.

par accident mécanique. Dans un texte dactylographié, personne ne confondra une faute de frappe due au fait que, sur le clavier, telle lettre est voisine de telle autre, avec une faute d'orthographe due au fait que, dans l'esprit de la dactylo, le thème « pluriel » est contagieux comme un rythme mélodique et peut commander à faux un autre thème subordonné. Soit à écrire la phrase : « *Il les regarde.* » Si le texte reproduit est « *Il les regzrde* », la substitution de *z* à *a* est évidemment due au voisinage du *z* et de l'*a* sur le clavier matériel. Mais la faute d'orthographe : « *Il les regardes* » ou « *Il les regardent* », peut difficilement être considérée comme due au voisinage, dans le cerveau humain, de deux groupes de neurones dont l'un contiendrait « les mouvements des doigts pour le singulier », et l'autre « les mouvements des doigts pour le pluriel ». La faute : « *Il les regardent* » est tout à fait analogue au développement « local », mais selon son espèce, d'un greffon dans une expérience de greffe interspécifique. Le thème général « pluriel », stimulé par le pronom « les », induit par contamination le pluriel du verbe, mais selon le thème particulier du pluriel des verbes, et non pas du pluriel des noms.

Les lapsus de l'instinct, ou les lapsus du langage ou de l'activité humaine, ne sont peut-être pas toujours signifiants au sens freudien, mais ils sont toujours thématiques. Ils sont dus à des accidents psychiques, et non mécaniques ou neurologiques au sens strict. Tinbergen (1) souligne à bon droit l'analogie chez les hommes, et chez les animaux, des activités de déplacement dans une situation embarrassante. Un oiseau, hésitant entre le combat et la fuite, se met à lisser ses plumes, ou même s'endort. Une femme, gênée, rajuste sa coiffure, ou se passe du rouge à lèvres. Les combattants, avant une attaque, peuvent éprouver un besoin irrésistible de dormir. Mais si ce rapprochement est juste, il condamne l'interprétation étroitement neurologique des mouvements instinctifs et des activités de déplacement. Il serait difficile de soutenir qu'il existe dans le diencéphale d'un être humain, des centres

(1) ***Etude de l'instinct***, p. 292.



moteurs tout montés, excitables par dérivation d'influx nerveux d'un centre sur-ordonné, et commandant les mouvements « mettre le pluriel », ou « rajuster sa coiffure », ou « se passer du rouge à lèvres ». Il est peu vraisemblable que, si l'expérience était possible sur des êtres humains comme sur des chats, des électrodes, placées en certains points du diencéphale, déclencheraient de tels comportements.

Dans un certain nombre de cas, il est probable que certaines étrangetés du comportement sont dues à des accidents mécaniques de pure proximité nerveuse, et non à des lapsus psychiques. Les accidents épileptiques en sont le type. Mais personne ne confondra par exemple une narcolepsie, à la suite d'encéphalite ou de traumatisme, par irritation du centre du sommeil, et qui se produit d'une manière aussi soudaine au cours de n'importe quelle activité qu'une crise épileptique, avec le sommeil « psychique » du névrosé qui « se réfugie » dans le sommeil. Il existe incontestablement un centre nerveux du sommeil, ou plus exactement, un centre d'activation de l'instinct du sommeil. Ce centre peut être stimulé aussi bien par proximité mécanique d'un centre d'irritation que par un thème psychique. De même il y a, sur le clavier d'une machine à écrire, une touche de la lettre *s* qui peut être mue aussi bien par accident mécanique que par la volonté de mettre le pluriel. Un observateur négligent pourrait peut-être baptiser cette touche *s* « le centre du pluriel » (la touche *x* ou l'ensemble des touches *e n t* étant « des centres secondaires du pluriel »). Mais personne ne peut réaliser sérieusement, et affirmer autrement qu'en paroles, que les zones motrices cérébrales contiennent d'avance les mouvements de recherches du gîte ou d'un endroit calme pour dormir, ou les mouvements de recherche de nourriture — pas plus que le clavier d'une machine ne contient d'avance les fonctionnements variés qui aboutissent à l'orthographe normale. On peut concevoir des automates plus perfectionnés qu'une machine à écrire, et capables, par divers asservissements, de faire divers accords orthographiques selon des règles grammaticales matérialisées dans leur montage. On essaie bien

de faire des machines à traduire. Mais ces automatismes auxiliaires, qui ont certainement leurs équivalents plus perfectionnés dans le cerveau, ne sont encore que des « touches » plus complexes, des instruments au service d'un thème psychique non localisable, et dont le déroulement temporel ne dépend pas d'une sorte de lecture ou de *scanning*, transposant une structure toute formée en successions mélodiques dans l'espace.

C'est un fait d'expérience que, dans un effort de mémoire, il nous semble que nous sommes capables de « lire », ou d'explorer en succession temporelle, une image ou un schéma spatialisé. Nous pouvons réciter les mois de l'année à l'envers, avec l'impression de promener un regard intérieur sur le schéma mental d'un calendrier. Nous pouvons redire une courte série de nombres, que nous venons d'entendre, dans un sens aussi bien que dans un autre. Presque toujours, la mémoire reproductrice transpose en séquence temporelle un ordre qui paraît en lui-même spatial. Un physiologiste est tenté d'interpréter ce fait en disant qu'une partie du système nerveux, pareille à un « lecteur » de télévision, explore en succession une autre partie stable du système nerveux. Mais il est clair que, même si l'on admet le fait, la difficulté n'est que transposée. La partie lisante ou explorante doit être, elle, directement temporalisée. Sa temporalisation ne peut être encore le résultat d'une précédente « lecture ». Et surtout, lorsqu'il s'agit d'une action à demi improvisée, comme le prononcé d'une phrase ou l'exécution d'une action non habituelle, il serait absurde de soutenir que la phrase ou l'action existe d'abord comme structure spatiale toute faite dans un coin du cerveau et qu'une autre partie cérébrale, par son seul mouvement, en la rencontrant ou en l'éclairant de proche en proche, la transforme en « mélodie ». Nous ne « lisons » pas notre pensée ou notre plan d'action en parlant ou en agissant : l'action ou la phrase *se forme*. Une intention non spatiale et non temporelle devient à la fois spatiale et temporelle, en passant par divers états de plus en plus structurés, que révèle notamment l'examen des aphasiques. Elle



n'est pas d'abord un ordre spatial et ensuite un ordre temporel. L'électrode de Hess et Brügger, même dans le cerveau d'un animal, ne peut agir qu'en éveillant, indirectement, une intention thématique.

Les physiciens, et même les philosophes (1), sont parfois tentés de prendre littéralement au sérieux l'univers quadri-dimensionnel, où, par déplacement de la ligne, ou plutôt de la zone, du temps, les événements pré-existants sont rencontrés, ce qui produit l'apparence de la succession. En psycho-biologie, une telle interprétation est exclue d'avance. L'instinct et la morphogénèse sont trop difficiles à séparer, trop indiscernables pour qu'on puisse adopter, pour l'un, une théorie qui ne s'appliquerait pas à l'autre. De toute évidence, ce qui est déjà certainement faux pour une phrase prononcée ou pour une activité orientée, l'est encore plus certainement pour une formation morphologique. Il n'y a pas de « lecture » ou de *scanning* possible dans la formation d'un embryon. Quelle serait la partie lisante et la partie lue ? Le progrès de la différenciation se fait partout à la fois. Lorenz et Tinbergen insistent beaucoup sur le fait qu'il existe, dans le système nerveux central, des mécanismes complexes et distincts qui peuvent expliquer les déroulements autonomes qu'ils ont découverts. Ils protestent contre les excès des théories de la « totalité », qui tendent à faire du cerveau une sorte de gelée amorphe et homogène. Heureusement, dit Lorenz (2) que l'organisme a « de bonnes et solides structures particulières » (*good hard particulate structures*), accomplissant des fonctions particulières. Soit, mais c'est une grande illusion de croire que ces structures sont pareilles à des pièges tendus ou à des disques de phonographe, et que les déroulements autonomes ne sont que leur fonctionnement. L'œuf, ou l'embryon en développement, n'est pas non plus une « gelée amorphe ». Mais il est tout aussi faux de

(1) Cf. R. Poirier, *Le problème de l'âme et du corps* (Bull. Soc. Fr. de Philosophie, oct.-déc. 1954). Mais R. Poirier aperçoit parfaitement les difficultés de l'hypothèse.

(2) *La théorie objectiviste de l'instinct*, p. 17. (*L'instinct*, Masson, 1956).

dire qu'il possède assez « de bonnes et solides structures » pour que le déroulement temporel de la formation ne soit qu'une « lecture » de ces structures pré-formées. Il est absolument certain que les déroulements temporels de la morphogénèse, comme de l'instinct, doivent être considérés comme vraiment primaires, comme des mélodies vraiment autonomes, comme l'expression directe de thèmes qui organisent l'espace et le temps, *et qui n'ont pas besoin d'être d'abord dans l'espace pour pouvoir ensuite être dans le temps.*

### Interprétation de la théorie de Lehrman.

Considérons maintenant les interprétations de l'école américaine. On ne peut reprocher à Hebb ou Lehrman d'être préformationnistes. Ils semblent même tomber dans l'excès inverse. A les en croire en effet presque tout, dans l'instinct, est improvisé, trouvé par un heureux hasard puis perfectionné par apprentissage. Ils ont même tendance à mettre de l'apprentissage, de l'adaptation tâtonnante non seulement dans l'instinct mais dans la formation, à interpréter tout ce qui est épigénétique comme l'indice d'un *learning*. Une telle inflation de la notion de *learning* a quelque chose d'inquiétant, comme toute inflation. Quelque chose sonne faux dans la description par Lehrman de l'organisation de l'instinct du pigeon et du rat, malgré les faits et les expériences rapportés. Et il est facile de détecter la fausse note.

Si l'instinct se constitue par un enchaînement heureux d'apprentissages ; si la rate apprend à faire son nid en transportant d'abord des objets quelconques, puis si elle apprend à lécher et non à manger ses petits en léchant d'abord ses organes génitaux ; si de même le pigeon apprend par chance à nourrir ses petits en nettoyant les plumes de sa poitrine ; si comme le prétend Kuo, les chats doivent apprendre à chasser les souris ; si même, comme semblent parfois le soutenir Kuo et Lehrman, les poussins apprennent à picorer en ayant d'abord leur tête mue passivement de haut en bas par les battements du cœur, on se



demande par quel miracle le point d'arrivée de ces chaînes est presque toujours néanmoins, dans la nature, sinon en laboratoire, un comportement typique et efficace. Si l'organisation de l'instinct, et même si la morphogénèse est une « histoire », au sens précis du mot, c'est-à-dire un enchaînement de hasards utilisés et organisés tant bien que mal, on se demande pourquoi l'histoire biologique d'un individu aboutit à des formes strictement spécifiques, et non à des formes organisées mais quelconques. Quand le hasard, disait Cournot, à propos de l'histoire humaine, semble faire sans cesse échouer une entreprise, c'est la meilleure preuve qu'elle n'échoue pas par hasard. Remplaçons le mot « échouer » par le mot « réussir », et l' « histoire humaine » par « l'histoire de l'animal », la conclusion est la même. *Si le hasard semble faire toujours réussir l'animal, c'est la meilleure preuve qu'il ne réussit pas par hasard.* Hebb et Lehrman protesteraient peut-être contre le mot « hasard », qu'ils se gardent bien d'employer. Ils ne parlent que d'adaptations au monde extérieur, au milieu interne ou externe, et de transferts de learning. Mais le hasard, et même un hasard miraculeux, doit bien être présent pour que ces adaptations aux circonstances se trouvent en même temps être des adaptations appropriées *aux nécessités vitales*. Il est clair que si les stimuli donnés par le milieu, si les irritations diverses et les tensions provoquées par les hormones ne sont que des « drive-stimuli », auxquels l'animal répond comme il peut, en improvisant sa réponse jusqu'à ce qu'il se débarrasse de l'irritation et diminue la tension, il faut une série incroyable de chances pour qu'il aboutisse au type spécifique. Cette conception prétendu anti-finaliste exige au contraire une providence merveilleuse.

On comprend au contraire très bien la spécificité de la réponse si les stimuli du milieu externe et interne sont, pour l'animal, non des *drives*, mais des signaux discontinus auxquels il sait d'avance répondre, avec, simplement, l'obligation d'un pseudo-learning, qui n'est en réalité qu'une mise au point. Pour reprendre l'analyse de Mandelbrot, l'animal est pareil

à un déchiffreur de signaux, muni d'un code qui lui permet non seulement de répéter mais de *rétablir* le texte. C'est pourquoi chaque individu peut reproduire exactement le « texte » des formes et des comportements de son espèce, *malgré* les hasards de sa vie propre, et non pas *grâce* à ces hasards. A ce prix seulement le « message » du milieu à l'individu, grâce au code spécifique que l'individu possède comme « compétence », peut être, selon l'expression de Mandelbrot « a-chronique », ne pas changer avec le temps. A ce prix seulement le développement de l'individu peut ne pas ressembler à un événement historique.

### Comportement appris et normalité.

Les adeptes de la théorie de la morphogénèse ou de l'instinct comme fonction continue du milieu poussent souvent l'intrépidité jusqu'à accepter la conséquence logique de la théorie, c'est-à-dire la négation, non seulement de toute idée de type ou d'espèce, mais de toute idée de normalité : « Nous ne pouvons parler de certains caractères structuraux comme étant normaux pour une espèce et fixés par constitution héréditaire. Si le milieu dans lequel l'organisme se développe devait subir un changement d'une nature plus ou moins permanente, ce seraient d'autres caractères qui seraient considérés comme normaux » (1). Quand le froid ou une oxygénation insuffisante, ou des rayons ultra-violets, ou des substances chimiques comme le lithium ou le magnésium, agissant sur des embryons d'oursin, de poisson, de batracien, produisent des monstres doubles accolés, des individus cyclopéens, ou avec des « excès » de squelette, il faudrait, d'après la théorie, mettre entre guillemets les mots « monstres » ou « excès ». Les malades humains auxquels G. Canguilhem pense à bon droit pour faire la philosophie de la « normalité » seront certainement d'un avis différent. Sans doute, si la nouvelle « norme » implique l'impossibilité de survie, si par exemple les pigeons, faute de stimuli, n'apprennent pas à nourrir leurs petits, l'espèce disparaitra par sélection naturelle. Mais la sélection, si elle peut expliquer que le point d'arrivée soit une forme ou un comportement efficace, n'explique pas que la forme ou le comportement soit typique. Les pigeons survivraient aussi bien en buvant

(1) A. Anastasi, *Differential psychology*, p. 74.



à la façon des autres oiseaux. Et l'on ne peut répondre que la sélection agit en gardant les gènes qui, eux, déterminent une forme ou un comportement typiques, car cette réponse ne vaudrait pas, par exemple, pour le polymorphisme des insectes sociaux chez lesquels, malgré l'identité des gènes, les agents du milieu social déterminent des formes discontinues, dont chacune peut être appelée « normale », et à la fois efficace et spécifique. Et il existe aussi une sorte de polymorphisme des réponses instinctives. Grassé a souligné que la réponse instinctive peut se faire, dans des circonstances légèrement différentes, selon deux ou trois types nettement distincts et également bien adaptés. Ce qui passe pour une modification improvisée de l'instinct est souvent ainsi une sorte de phénotype de remplacement. Ainsi, au cours de la division sociale chez les termites, les individus normalement lucifuges demeurent en pleine lumière ; le roi et la reine marchent au lieu de voler, ne manifestent aucune activité sexuelle, et vont jusqu'à transporter des œufs. Il y a donc, dans les réponses morphologiques et instinctives, non pas obéissance improvisée à des « drive-stimuli », mais réaction codifiée, selon des normes distinctes dont chacune est significative et non pas quelconque. Les comportements intermédiaires sont vraiment des anomalies, tout comme les individus intersexués. Et les monstruosités sont dues au fait que l'organisme, placé dans un milieu artificiel, ne parvient pas, malgré des efforts souvent nettement observables vers la normale, à corriger le milieu. Le malade humain appelle le médecin, achète des médicaments, fait une cure dans une station thermale, bref, s'arrange pour échapper au milieu qui le « dénormaliserait ». Et sur ce point, les animaux ne sont pas différents des hommes. Par leur comportement, sinon par leur technique, ils cherchent eux aussi à échapper à la dénormalisation, en fuyant les milieux nocifs, en créant dans ce milieu nocif une zone de sécurité, ou même s'il faut en croire Hédiger (1) en cherchant des nourritures et des eaux curatives.

Bien entendu, ce qui est visiblement faux pour le développement organique individuel de l'homme comme de l'animal, est au contraire probablement vrai pour le développement social sinon de l'animal, du moins de l'homme. Les potentialités de développement, pour un œuf d'une espèce donnée, sont presque exactement fixées, ce qui

(1) H. Hédiger, *Observations sur la psychologie animale dans les parcs du Congo belge* (Bruxelles, 1951), p. 86.

permet de parler d'un développement normal, achevé, parfait. Dans l'ordre du comportement social humain, comme le montre clairement l'ethnographie, ce n'est plus le cas. Un type de développement culturel ne peut être dit avec certitude plus normal ou meilleur qu'un autre ; il est différent, c'est tout ce que l'on peut dire. Les potentialités du développement comportemental — de l'homme tout au moins — ne sont pas quelque chose de spécifiquement déterminé. Tout comportement postnatal pour l'homme a un caractère historique. Seulement, il ne faut pas appliquer au développement organique ce qui n'est vrai que pour le développement culturel humain. Parce que les ethnologues renoncent à parler de cultures primitives, ou inférieures, ou anormales relativement à la culture occidentale, cela ne veut pas dire que les biologistes doivent s'interdire de parler d'arrêt, de déviation, ou d'anomalie de développement.

### Caractère du thématisme instinctif.

L'avantage, disions-nous, de la conception de l'école américaine, c'est qu'elle n'est pas pré-formationniste. A y regarder de plus près, cet avantage est douteux. Plus on fait de l'instinct une régulation improvisée, plus il faut supposer, dans l'ordre de la morphologie et de la physiologie de l'animal, des organes tout préparés. Que le rat n'ait besoin d'aucun instinct particulier pour absorber la quantité voulue de sel, ou le pigeon pour nourrir ses petits, il n'en est que plus indispensable de partir, pour comprendre ces régulations, d'appareils organiques tout montés. Par conséquent, la conception de Lehrman est aussi peu apte que celle de Lorenz à faire comprendre l'union étroite de la morphogénèse et de l'instinct, et la manière dont l'espèce « rat » a pu progressivement monter les appareils qui, aujourd'hui, assurent, par exemple, les régulations alimentaires. Ou alors, en étendant le domaine de l'apprentissage jusqu'à la formation embryonnaire, elle aboutit à des thèses encore plus paradoxales que pour l'instinct proprement dit. Elle doit invoquer des chances encore plus miraculeuses, si elle prétend expliquer le passage de l'œuf de pigeon au pigeon adulte avec son jabot producteur de « lait », de la même manière qu'elle



explique le passage du jabot gonflé au comportement « nourrir les petits ».

On peut donc conclure à l'échec de l'une comme de l'autre interprétation. Les faits subsistent : il y a des déroulements autonomes, ou quasi autonomes, et il y a des comportements à demi improvisés, des régulations imparfaites, que l'animal doit mettre au point. Mais l'on ne comprend ni les uns ni les autres si on les rattache au fonctionnement mécanique, soit d'un centre cérébral, avec l'école allemande, soit de l'organisme tout entier considéré comme un homéostat en rapport avec le milieu, avec l'école américaine. Pour comprendre, il faut, pour les uns comme pour les autres, admettre l'action d'un thématisme non spatial qui peut prendre la forme, soit d'une mélodie mnémique à déroulement autonome, soit d'un idéal vague, mais suffisant pour orienter et conduire vers un comportement « normal » des tâtonnements qui, en apparence, n'ont pour résultat immédiat que de diminuer une tension ou écarter un « irritant ».

Considérons le cas de l'instinct sexuel. On y trouve des fragments mélodiques stéréotypés et des *releasers* précis (1). On y trouve aussi — et non pas seulement dans l'activité de recherche, mais même dans l'acte de consommation — beaucoup d'improvisation, d'efforts pour diminuer un peu au hasard des tensions périphériques. Mais il faudrait être le plus obtus des philistins pour réduire l'instinct à une détumescence, même réglée par des sensations proprioceptives. Au delà des *feed back* mécaniques ou physiologiques, au delà même des *feed back* psycho-physiologiques, il y a ce que l'on peut appeler des *feed back* axiologiques, dans lesquels l'« idéal » directeur n'est pas une forme donnée d'avance ou inscrite dans la machine organique, mais une sorte de fantôme fuyant qui se précise à mesure que le premier comportement s'en approche. Pour l'homme comme pour l'animal, cet idéal directeur est pareil à un mot oublié, qui n'atteint pas le seuil de rappel, mais qui atteint le seuil de reconnaissance.

(1) Cf. Armstrong, *La vie amoureuse des oiseaux*, iv, v et passim.

Le hasard et la chance ne peuvent jouer que dans l'intervalle de ces deux seuils, et il en est souvent pour l'instinct comme pour l'invention. La plupart des inventeurs ont de la chance, mais leur mérite propre est de la reconnaître au passage. L'animal « reconnaît », par la satisfaction qu'il éprouve, la conformité de son acte avec une norme ou un idéal qu'il faut bien appeler l'idéal de l'espèce. Le progrès de son comportement n'est pas indépendant de la chance, mais il est subtilement sanctionné et orienté.

L'orientation s'opère surtout, comme nous l'avons vu, et comme l'a montré E.S. Russell, par une « valenciation » de certaines situations ou de certains objets, qui deviennent alors, ou inquiétants, ou fascinants, ou attirants — importants et intéressants en tout cas — et devant lesquels l'être vivant, homme ou bête, éprouve des pressentiments. Alors que, dans l'acte finalisé conscient, c'est l'image vague du but à atteindre qui oriente l'action, dans l'acte instinctif, c'est l'objet valorisé ou « valencé » qui joue ce rôle et les déplacements de valenciation, à mesure que l'action se déroule, guident l'être vivant comme un fil d'Ariane.

Il arrive d'ailleurs souvent que, même dans l'acte finalisé conscient, une valence projetée sur un objet-moyen se trouve comme coupée de la conscience du but, que le déplacement s'opère à faux, et que le fil soit rompu. L'homme, ou l'animal supérieur, dans ce cas, ressemble à un oiseau ou à un insecte qui se laisse aller à une activité de déplacement. Même l'homme exprime quelquefois son amour par des coups.

Köhler en donne un exemple amusant dans son livre célèbre : le singe Coco doit résoudre un problème « à étages », il doit se servir d'un bâton pour atteindre l'appât, mais il doit se servir d'une caisse pour atteindre d'abord le bâton. L'animal saisit le principe de la solution, mais en cours d'exécution, il oublie le rôle exact de la caisse. Cependant, cette caisse reste « valorisée » ou « valencée ». Par toute son attitude, le singe semble crier : « Il y a quelque chose à faire avec cette caisse ! » Aussi, dans son embarras, il se met à la battre furieusement.

Il serait difficile d'expliquer mécaniquement cette



« activité de déplacement » en soutenant comme Tinbergen pour l'instinct, que la tension centrale hésite entre deux mécanismes nerveux tout montés, puisque l'animal ici est en train de résoudre un problème improvisé. Il serait tout aussi difficile de dire, avec Hebb et Lehrman, qu'il tâtonne selon des sensations proprioceptives. L'« irritant » est un objet vu et non un organe engorgé, et il est irritant parce qu'il est « valencé ». La sanction de la réussite de l'acte instinctif n'est pas seulement le plaisir ou une détente locale, mais une satisfaction, et l'apaisement d'une aspiration. Besoin, ressenti par proprioception, et désir d'un objet ou d'un être valorisé, sont étroitement liés et ils vont à la rencontre l'un de l'autre quand l'acte est réussi.

Dans l'ensemble, les descriptions par l'école américaine semblent plus souvent vraies pour l'instinct que les descriptions par « déroulement autonome ». Il est très vrai que, le plus souvent, l'élément « inné » est en quelque sorte plus *en amont* de l'acte que ne l'admet l'école allemande. On croit inné l'acte dans sa motricité, alors que ce qui est inné, c'est la sensation proprioceptive qui stimule l'acte comme un irritant, ou même, encore plus en amont, alors que c'est une sécrétion hormonale qui provoque la sensation proprioceptive, qui oriente à son tour l'action. L'acte découle, n'importe comment, d'un état dans lequel l'animal se trouve placé ; mais cet état comporte aussi des valenciations qui sont en « avant », « en aval » de l'acte, et qui expliquent sa direction et sa bonne arrivée. En résumé, la motricité même de l'acte est rarement innée. Ce qui est inné, c'est, d'une part, un « irritant », qui guide l'acte par poussée, d'autre part, une valenciation posée sur un objet, qui guide l'acte par attraction. Mais dans la réalité, les deux éléments : irritation et valenciation, sont parfois difficiles à distinguer, et ils se confondent parfois, de plus, avec une motricité innée dans l'acte qu'ils « encadrent ». Toute métaphore spatiale, d'ailleurs, est ici trompeuse, parce que le thème directeur est hors de l'espace, et domine les actes dans l'espace.

Pour la morphogénèse proprement dite, ce sont les

descriptions de l'école allemande qui paraissent plus adéquates. Pour la morphogénèse, et aussi pour certains instincts très proches de la morphogénèse, comme l'instinct de téter chez le nouveau-né. Piaget a pu montrer que des mouvements de succion dans le vide apparaissent avant qu'ils n'aient un objet et qu'ils ne s'y adaptent ; il a montré que l'objet est d'abord aliment pour l'activité de succion, avant d'être aliment pour l'instinct général de nutrition. Mais les mouvements ne sont pas des fonctionnements locaux ; l'être vivant n'est pas le lieu passif de mouvements qui se déroulent en lui, il les exécute, il en est l'agent et non le support comme une machine, il les invente à mesure. Fausse invention, ou plutôt invention facilitée, en ce sens que l'organisme est possédé *par* le thème, tout en agissant *selon* le thème qu'il assume.

L'interprétation par thématisme trans-spatial gagne sur les deux tableaux, en permettant le rapprochement des deux interprétations, *qui ne sont incompatibles que si elles sont mécanistes*. En même temps, cette analyse de l'instinct nous a permis de comprendre ce qu'est vraiment la compétence morphogénétique : une sorte d'habitude non pas « proprioceptive » ou régulée par perception — puisque l'embryon en développement n'a pas de sensations proprement dites, et encore moins la possibilité de voir des objets valorisés — mais, si l'on peut risquer un mot aussi affreux, « auto-proprioceptive », c'est-à-dire guidée par sa propre tendance à se continuer selon un thème dominant. Quand on récite par cœur un texte très connu, on éprouve directement cette union difficilement exprimable d'activité et de passivité. Toute coupure accidentelle est sentie comme contrariant un dynamisme interne vers une structuration définie, à la fois du texte récité, et du moi récitant — dynamisme qui n'est pas à base d'un besoin localisable comme lorsqu'on m'empêche de boire alors que ma soif n'est pas encore étanchée, dynamisme qu'il serait impossible d'imiter par le montage d'un homéostat. On pourrait concevoir un automate homéostatique, non certes capable d'éprouver la soif comme un manque, mais capable de boire et même de chercher à continuer à



boire malgré les interruptions, tant que des indications récurrentes émanées d'un réservoir indexé l'inciteraient à des mouvements d'absorption. On peut aussi concevoir un automate non homéostatique récitant une fable de La Fontaine grâce au déroulement d'une bande perforée commandant un larynx artificiel. Mais on ne pourrait concevoir un automate de type homéostat capable de réciter une fable. Dynamisme simple (par équilibrage), mécanisme complexe (par ajustement pièce à pièce), les deux peuvent se rencontrer séparément en dehors des organismes. La vie seule est capable d'unir, dans la morphogénèse, dynamisme et complexité. Un dynamisme vers une structuration complexe et non vers un simple équilibre, une mélodie « auto-proprioceptive », un guidage par valenciation ou par *feed back* axiologique à idéal non matérialisable — tous ces phénomènes sont fort proches l'un de l'autre, et définissent la compétence instinctive aussi bien que la compétence morphogénétique.

CHAPITRE VIII

# FORMATIONS OUVERTES ET JARGONS MARKOVIENS

Il reste à étudier l'allure particulière de toutes les formations organiques non strictement typiques, dans lesquelles l'instinct formatif est aux prises avec des hasards qu'il ne parvient pas à dominer, et dans lesquels apparaît, par suite, quelque chose d'historique — au sens de Cournot, sinon au sens de R. Aron. Lorsque l'animal parvient à vivre dans un *Umwelt* presque aussi standardisé que l'œuf ou le ventre maternel, il peut produire des formes de comportement ou des constructions extra-organiques presque aussi typiques que les formes de son organisme, et par des procédés analogues : mélodies autonomes, et *feed-back* par valenciation. Tout être vivant cherche à échapper à l'accidentel, à l'histoire, et il y parvient en fait, sous peine de mort, dans la phase la plus décisive, dans la phase embryonnaire de son développement, qui s'opère toujours en secteur abrité, et pourrait-on dire, dans des conditions idéalement tranquilles et arcadiennes, même si dès sa naissance il est destiné à tomber dans un monde en proie aux cataclysmes. Après sa naissance, dans les espèces supérieures, le jeune, sauf malchance, est encore protégé par le milieu familial et social. Mais il court nécessairement des aventures, et adulte, il ne parvient jamais, dans



sa destinée comme dans ses productions, à dominer complètement le hasard. Mélodies autonomes et régulations sont débordées ; les formes produites sont, par suite, des mixtes d'organique et de fortuit ; elles prennent l'allure de formes « ouvertes », non bouclées ou mal bouclées, dans lesquelles des stimuli inattendus ont provoqué des réponses qui ne sont pas en elles-mêmes dépourvues de sens, mais dont le sens est disjoint, et qui appellent à leur tour d'autres réponses allant à l'aventure.

## LES CHAÎNES DE MARKOFF.

Pour définir ce mixte, adressons-nous en première approximation, aux schémas formels par lesquels les mathématiciens ont construit des mixtes d'aléa et de dépendance. Supposons une série de tirages successifs T 1, T 2, T*n* à une loterie. Il y a indépendance totale des différents tirages. Supposons maintenant une loi de dépendance selon laquelle la probabilité de T*n* dépende de T*n*-1, ou de l'ensemble T*n*-1, T*n*-2, ou d'un ensemble plus complexe, pris dans les tirages antérieurs. On aura une chaîne de Markoff, du nom du mathématicien russe qui le premier étudia les phénomènes aléatoires partiellement dépendants.

Pour en donner un exemple concret, tiré d'un domaine où précisément Markoff a d'abord appliqué ses schémas, on peut prendre une machine à pasticher automatiquement un langage (1). On sait que pour une langue donnée, si l'on fait des statistiques de l'emploi des lettres, ou des groupes de lettres, ou de la longueur moyenne des mots, ou de la succession des lettres, ou des groupes de lettres, ou même de l'emploi des mots et de la succession des mots (2), on trouve des valeurs constantes et caractéristiques. Par exemple, en français, la lettre *q* est toujours suivie de *u*, *h* est précédé de *c* dans presque la moitié des cas, *e* est suivi d'un autre *e*, beaucoup plus fréquem-

(1) Cf. G.T. GUILBAUD, *La cybernétique.* (P.U.F.), p. 76.
(2) Cf. P. GUIRAUD, *Les caractères statistiques du vocabulaire.* (P.U.F.).

ment en anglais qu'en français, etc. Si l'on fait par exemple des tirages dans des urnes successives contenant, selon la fréquence constatée, des groupes de trois lettres, urnes rangées selon l'ordre alphabétique des deux premières lettres des trigrammes qu'elles contiennent, en convenant, après le premier tirage, de choisir pour urne suivante celle indiquée par les deux dernières lettres du trigramme obtenu, on aura finalement une sorte de jargon, qui aura l'allure de la langue dont on a observé les fréquences et séquences moyennes. Guilbaud donne les résultats d'un tel tirage enchaîné selon la fréquence des trigrammes dans Tite-Live :

IBUS CENT IPITIA VETIS IPSE CUM VIVIUS SE ACETITI DEDENTUR.

On avait d'abord tiré IBU, puis, de la boîte BU, on avait tiré BUS, puis, de la boîte US, on avait tiré USC, puis, de la boîte SC, on avait tiré SCE, etc. La phrase produite, en chaîne de Markoff, a incontestablement l'air d'être du latin, comme elle aurait eu l'air d'être de l'anglais si les urnes avaient été constituées selon les fréquences et séquences moyennes de l'anglais. Les auteurs de pastiches se conforment instinctivement aux fréquences typiques des mots ou des tournures chez leurs victimes. Un pasticheur de Baudelaire ne manque pas d'employer les mots *ange, parfum, sein, extase, sang, démon*. Un pasticheur de Mallarmé, les mots : *azur, nue, vierge, or, rêve, pur,* qu'une étude statistique révèle en effet comme mots-clés, c'est-à-dire plus fréquemment employés que dans la langue courante (1).

### Les « jargons » biologiques.

On peut remarquer qu'un animal se laissera aisément prendre à un pastiche de même genre tiré des stimuli-signaux qui l'intéressent, venant de ses congénères du milieu. Les chasseurs d'autruches

(1) P. Guiraud, *op. cit.*, chap. VI.



indigènes pour s'approcher des autruches sans éveiller leur méfiance ne se contentent pas de se déguiser en autruches ; ils pastichent les modes et séquences de comportement de l'animal. Les chasseurs de palombes s'efforcent de donner aux leurres un comportement typique de palombes atterrissant. C'est que le comportement d'un animal est souvent, en fait, un enchaînement semi-fortuit de thèmes évoqués sans plan d'ensemble et selon l'appel de la phase précédente. Ce n'est pas un langage, c'est un jargon. Et l'animal confond si aisément langage et jargon parce que lui-même « jargonne ».

Une mélodie autonome, une régulation dans le développement normal ou dans l'activité stricte des instincts importants ne ressemble pas à une chaîne de Markoff. Son déroulement n'est pas, à chaque phase, dépendant de la seule phase précédente, ni même de la somme ou de l'ensemble de toutes les phases précédentes, il est « surveillé » par le thème dominant, comme le déroulement d'une phase sensée, où les lapsus sont compensés et ne conduisent pas à des embranchements aberrants. S'il en était autrement, jamais un oiseau, par exemple, ne pourrait nourrir ses oisillons en leur portant, dans son bec, un ver qu'il s'abstient d'avaler. Par contre, dans les régions plus libres et aussi, obligatoirement, plus improvisées et historiques de l'instinct — et même du développement chez les végétaux, où le développement prend l'allure, selon l'expression de Plessner (1), d'une *Gewächs* — on est très près du schéma markovien.

### Chaîne markovienne et ordre thématique.

Il faut bien souligner que, même dans une chaîne biologique complètement markovienne, le thématisme vertical n'est pas absent. La possibilité de construire une machine effectuant elle-même des tirages et « parlant » le jargon — comme la Calliope de A. Ducrocq — pourrait tromper en faisant croire à un mécanisme pur dans tout ce qui est markovien. Mais

(1) Cité par Buytendjik, *L'instinct*, p. 21.

il ne faut pas oublier que, dans l'exemple choisi, pour constituer les trigrammes, on s'est inspiré des thèmes phonétiques de la langue. Chaque tirage a beau être, dans son exécution, mécanique ou mécanisable, il porte sur un thème, et, de plus, c'est encore selon un thème emprunté au langage que l'on passe d'une urne à la suivante. Encore plus clairement, dans une chaîne markovienne de comportements instinctifs, chaque tronçon est thématique ; le schème du développement et du comportement normal, où la partie finale d'une première tranche évoque la tranche suivante, s'applique toujours, avec la différence que les enchaînements ne sont pas « bouclés ». En psycho-biologie, les enchaînements d'un thème à l'autre ne se font pas par tirage dans une urne, mais, ce qui revient au même, par la constellation des stimuli qui évoque, au sens mnémique du mot, le thème suivant. Ou plutôt, c'est le tirage dans une urne qui revient au même que l'évocation mnémique. En effet, l'homme qui opère le tirage est dans l'obligation de lire le groupe final de lettres qui le guide dans le choix de l'urne suivante: il prête sa conscience à l'opération. Même s'il monte une machine capable de lire mécaniquement les groupes de lettres et d'effectuer le tirage suivant en conséquence, ce montage, qui utilisera un système de clés, dépendra évidemment d'une première lecture psychologique et n'en sera que la matérialisation secondaire. En d'autres termes, le montage d'une chaîne de Markoff ne saurait se passer d'une conscience élémentaire, analogue à celle du démon de Maxwell.

Et c'est pourquoi, d'ailleurs, un jargon markovien, tout en étant désordonné relativement à un discours normal unifié par un thème dominant, est ordonné relativement à un tirage au hasard non enchaîné, ou moins enchaîné. Il est à mi-chemin entre un ordre et un désordre, plus ou moins près de l'ordre suivant que les thèmes enchaînés contiennent eux-mêmes plus ou moins d'ordre ou un ordre d'un niveau plus ou moins élevé. D'une machine à faire du pseudo-français phonétique, on peut passer à une machine à faire du pseudo-français morphologique, puis du



pseudo-français syntaxique, puis, par exemple, du pseudo-Baudelaire. On peut de même concevoir une machine à faire du pseudo-comportement d'insecte, puis d'abeille, puis, d'abeille italienne, etc. Cela, bien entendu, ne doit pas permettre de conclure que l'on passe progressivement du désordre à l'ordre par l'effet d'un pur mécanisme, puisque l'ingénieur apporterait l'ordre dans les perfectionnements successifs de la machine, en s'inspirant de l'ordre déjà réalisé dans un langage ou un comportement spécifique. Un jargon suppose évidemment toujours un langage, et il serait absurde de prétendre que le langage s'est constitué à partir d'un jargon. Le hasard est comme l'auberge espagnole, il ne peut fournir d'ordre que ce qu'on lui apporte. Le célèbre singe dactylographe aura évidemment beaucoup plus de chances de reconstituer un ou deux vers de Baudelaire en tapant au hasard sur une machine pré-arrangée pour faire du jargon baudelairien, qu'en tapant au hasard sur le clavier d'une machine à écrire pré-arrangée pour faire du pseudo-français, ou surtout d'une machine à écrire ordinaire, mais il serait aventuré d'en conclure que l'on est donc tout près d'une explication mécanique de la poésie baudelairienne. C'est mettre les choses à l'envers que de prétendre rejoindre, en l'expliquant, l'ordre biologique ou linguistique, à partir du désordre des tirages purs, progressivement modifiés en tirages markoviens de plus en plus thématisés, alors que c'est de l'ordre que l'on part pour fabriquer du désordre.

### Les statistiques du comportement.

Lorsque l'on fait, comme les théoriciens de l'information (Zipf, Shannon, Mandelbrot), des statistiques de mots dans un discours ou un ouvrage suffisamment long, on met en évidence des lois générales étrangement simples, par exemple, d'après Zipf, une relation très simple entre la fréquence F d'un mot dans le texte choisi et son rang R, établi dans la liste de fréquence : $R \times F =$ Constante. Par exemple, dans le roman de J. Joyce, *Ulysse*,

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| le mot de rang | 10 | est employé | 2 653 | fois | = 26 530 |
| » | 100 | » | 265 | » | = 26 500 |
| » | 1 000 | » | 26 | » | = 26 000 |
| » | 10 000 | » | 2 | » | = 20 000 |
| » | 29 000 | » | 1 | » | = 29 000 |

Shannon et Mandelbrot ont montré qu'on se rapproche davantage des faits en substituant, à la loi de Zipf, une formule un peu plus compliquée. Mais le principe est le même : il est possible de traiter un texte comme on traite les caractéristiques d'un gaz, statistiquement, c'est-à-dire en ignorant les causes particulières qui déterminent, microscopiquement, les positions des molécules ou des mots. On peut ainsi définir, par exemple, la « température » d'un texte, ou la pente de la courbe rang-fréquence, « température élevée » signifiant que les mots disponibles sont bien employés, les mots rares étant utilisés avec une fréquence appréciable.

De même, dans un domaine apparemment différent, P. Vendryès (1) en photographiant, à intervalles réguliers, une mouche volant sous un lustre, a obtenu, en réunissant les points des photographies, une trajectoire analogue à celle que l'on obtient en photographiant une particule animée d'un mouvement brownien dans un fluide, et participant au hasard de l'agitation moléculaire. Des trajectoires, sinon exactement browniennes et aléatoires, du moins « brownoïdes », sont obtenues de même si l'on cinématographie les déplacements d'un leucocyte, et même si l'on note, à intervalles réguliers, les positions d'un chauffeur de taxi parisien au cours d'une journée de travail. Ces trajectoires ne sont pas exactement browniennes. Dans un fluide supposé indéfini, la distance probable d'une particule P à partir d'un point d'origine est égale à son libre parcours moyen multiplié par la racine carrée du nombre des parcours ; cette distance augmente donc régulièrement, en moyenne, avec la racine carrée du temps, ce qui ne peut être évidemment le cas de la mouche, du leucocyte, ou du taxi. Il serait plus exact de les considérer comme markoviennes, ou markovoïdes. Chaque tactisme ou stimulus qui influence le leucocyte ou la mouche, est

(1) *Vie et probabilités*, p. 333.



comme le tirage dans une urne contenant, selon leur fréquence, ses thèmes de comportement. Les demandes des clients du chauffeur de taxi jouent le même rôle, la position déjà acquise du taxi par la course précédente orientant le choix de la demande de course suivante. Chaque course est évidemment thématique et sensée, mais la succession des courses, sans être due au hasard pur, puisque chaque course nouvelle dépend en partie de la course précédente, est suffisamment aléatoire pour être non thématique, et pour ressembler à un effet de pur hasard.

Que le morcelage soit brownoïde ou markovoïde, l'important est que, dès qu'il y a morcelage des thèmes et intervention du hasard dans leurs enchaînements, la nature des thèmes ne joue plus de rôle et paraît s'éliminer. On comprend de cette manière, sinon exactement la loi de Zipf, du moins le rapprochement possible d'un texte ordonné et d'un gaz désordonné (ou ordonné par le seul hasard). Chaque phrase de J. Joyce est évidemment thématique, et de même chaque paragraphe ; il s'agit d'un langage et non d'un jargon. Mais lorsque l'on considère un très grand nombre de phrases, il n'importe plus que l'ensemble soit thématique ou non, et des lois générales et statistiques prévalent. Les directions des thèmes particuliers sont neutralisées par leur grand nombre. Zipf lui-même interprète sa loi comme résultant d'un équilibre entre deux forces dans le discours : d'une part paresse et moindre effort qui font que le parleur emploie le moins de mots possible et désignerait volontiers tout comme « machin » ou « chose », et d'autre part, besoin d'exprimer distinctement chaque idée, en la structurant suffisamment et en informant suffisamment l'auditeur. Si le discours est suffisamment long, on peut faire abstraction de la nature particulière de chaque thème à exprimer pour ne retenir que la force générale de structuration. Quand Joyce écrit *Ulysse*, sans doute, il écrit un roman qui a un sujet et un thème central, mais il serait encore plus vrai de dire qu'il fait « du Joyce », comme le leucocyte fait « du comportement de leucocyte » ou la mouche « du comportement de mouche ». Les caractères de forme sont beaucoup plus dans la texture que dans une

organisation d'ensemble. Balzac ne s'est avisé qu'après coup de l'unité de la *Comédie humaine*. Essentiellement, il fait « du Balzac », et un statisticien, par suite, ne pourrait distinguer, par ses comptes de mots, entre un roman de Joyce ou de Balzac, et un jargon balzacien ou joycien obtenu par le procédé des chaînes de Markoff. Si au contraire le statisticien considère un paragraphe isolé de Balzac, il aura beaucoup moins de chances de le trouver typiquement balzacien, au point de vue du vocabulaire, que s'il considère une tranche quelconque, de même longueur, du jargon balzacien, qui n'est morphologique que dans sa texture. Il est caractéristique que, selon la remarque de Mandelbrot, si l'on étudie des textes de sujets normaux, il faut prendre de grandes précautions pour que des échantillons courts ne soient pas déformés — si l'on peut dire — par suite du fait que tout texte est consacré à un sujet particulier — tandis qu'au contraire le langage des schizophrènes, chez lesquels la mécanique émettrice des mots est intacte, alors que la correspondance entre les mots et les idées est gravement atteinte, vérifie beaucoup plus régulièrement la loi de Zipf (1), même sur des échantillons très courts.

Le comportement ou le langage de l'animal ou de l'homme normal fait retour aux lois statistiques si l'on en considère une quantité suffisante. Seul un surhomme pourrait organiser sa vie entière de telle sorte qu'il ne fasse aucun geste, ou ne prononce aucune parole qui ne soit formellement rattachée à un dessein unique, et qu'il n'y ait en elle aucun jargon mais un pur langage. Ce que Balzac, Joyce, ou Proust, malgré leurs efforts et leurs déclarations, qui ne vont pas sans quelque vantardise, ne peuvent réussir vraiment pour un roman, est encore bien plus impossible dans la vie réelle.

(1) MANDELBROT, *Structure formelle des textes et communications*, p. 21.



### LES CULTURES COMME CLAVIERS MARKOVIENS.

Et ce qui est impossible pour une vie d'homme, est encore bien plus loin d'être possible pour la vie d'un groupe d'hommes ou de l'humanité entière — sauf dans les ouvrages de Hegel.

Certaines cultures, dans un temps et un espace limités, sans être naturellement analogues à un langage signifiant, sont du moins analogues à un jargon markovien fortement thématisé, ou à un ensemble d'urnes préparées pour un tel jargon. Elles sont stylisées, elles ont un vocabulaire et une syntaxe de comportement, restreints et fermés à la manière d'une tragédie de Racine ou d'un poème comme le *Narcisse* de Valéry, dans lequel le comptage des mots révèle un vocabulaire anormalement et volontairement limité. Dans ce genre de culture, il est fréquent que les hommes les plus ordinaires participent aisément au style collectif, de même que les aèdes de l'école homérique les plus dépourvus de génie, faisaient aisément « de l'Homère », tellement l'instrument markovien fourni par la tradition n'avait besoin que d'un léger surcroît d'ordre pour atteindre au niveau de l'œuvre d'art.

A des degrés divers, toute culture, de même que tout langage, est analogue à un clavier markovien offert à chaque individu. Si l'individu devait tout improviser, il en resterait aux balbutiements. Mais en fait, grâce à la forte thématisation de la culture, son apport peut se limiter à l'adjonction d'un dernier thème coordinateur ; il atteint aisément le niveau d'un comportement à la fois stylisé selon la culture, et orienté selon ses buts personnels. « Le rituel Pueblo, écrit E.C. Parsons, est kaléidoscopique. Il y a de nombreux types rituels, et ils se combinent de diverses manières. Ces rites constituent une cérémonie, avec ou sans thème dramatique... Les rites se combinent et se recombinent ; le rite même est fixe et conventionnel, mais la combinaison est moins rigide ; en fait, la souplesse du rituel Pueblo est étonnante (1). »

(1) Cité par M.J. HERSKOVITS, *Les bases de l'anthropologie culturelle*, p. 100.

Les Sages dont Confucius est le type se sont parfaitement rendu compte de la nécessité de ne pas trop demander aux hommes. Ils veulent que la société offre à chacun un clavier complet, un assortiment de formes et de rites, au risque de faire ressembler la vie de l'homme à celle d'un animal qui n'a qu'à puiser dans les thèmes ritualisés de l'instinct spécifique.

Il est clair que si l'on considère l'ensemble des individus participant à une culture même fortement stylisée, l'ensemble de leurs actes, comme l'ensemble des phrases qu'ils prononcent, ne peut être traité que d'une manière statistique, et qu'ils ressemblent à un « tissu » markovien. On peut caractériser cet ensemble, comme le font R. Benedict et Kardiner, non sans quelque arbitraire, par un certain style dominant, religieux, ou guerrier, ou compétitif, de même que l'on peut dire assez arbitrairement que telle langue convient bien pour l'expression juridique, ou pour le commandement, ou pour la conversation mondaine. Mais il serait absurde de dire que telle culture signifie telle idée, de même qu'il serait absurde de dire que le français ou l'allemand a un sens. Seule une phrase prononcée par un individu peut avoir un sens.

A plus forte raison, si l'on considère l'ensemble des cultures humaines et l'histoire proprement dite, surtout l'histoire politique. Elle ressemble à une chaîne, ou plutôt à un tissu markovien, beaucoup plus qu'à la dialectique hégélienne. Elle est un jargon, non l'expression d'un Logos, et l'exégète qui s'obstine à y trouver un sens précis est pareil à un latiniste novice et vaniteux, auquel on aurait joué le mauvais tour de donner à traduire le pseudo-Tite Live de Guilbaud, et qui prétendrait y trouver un sens.

Ce qui complique beaucoup le problème dans le cas de l'histoire humaine, c'est qu'elle n'est pas homogène. L'histoire politique a l'allure markovienne. Le déroulement d'une grande crise révolutionnaire, sous son aspect politique, ressemble beaucoup à un tirage au sort enchaîné de thèmes d'actions. La conscience et les illusions humaines perturbent seulement le déroulemeut en essayant vainement de le maîtriser, et parfois en compliquant le jargon involontaire par des pastiches volontaires : les révolutionnaires français jouaient à être des Romains, et Bonaparte en Egypte copiait César en Gaule. L'histoire culturelle a aussi, mais moins nettement, une allure markovienne. On y découvre des enchaînements semi-fortuits, surtout dans les passages d'un ordre de valeurs à un autre, on y découvre, comme dit Max Weber, un « prodigieux enlacement d'influences réciproques ». L'historien ou le sociologue cherchent alors, à propos d'un événement particulier, ce qui, dans les formes déjà présentes, a appelé la forme nouvelle, non par causalité proprement dite, ni par logique pure, mais par résonance de thèmes ou affinité élective partielle, de même que dans la chaîne de Markov, ou plutôt dans l'esprit de l'opérateur qui la constitue selon des conventions, IBU entraîne BUS. L'exemple classique en est l'« appel » de la forme « capitalisme » par la forme « calvinisme » d'après Max Weber, ou encore, dans un sens un peu différent, l'extension de la culture de la vigne en pays chrétien par l'obligation rituelle d'un vin pour la messe, ou la domestication du poulet d'abord pour la divination. L'histoire n'est pas une dialectique. Comme le dit très bien Merleau-Ponty, « l'histoire comporte des faits dialectiques, des significations ébauchées, elle n'est pas un raisonnement suivi ; comme un interlocuteur inattentif, elle laisse dévier le débat, elle oublie en chemin les données du problème » (1). Elle n'est dia-lectique que si l'on emploie le mot avec l'accent mis sur son étymologie, sur le morcelage enchaîné ou ré-enchaîné, sur les passages et non sur l'unité de son logos.

L'évolution sociale et surtout l'évolution technique, sans échapper aux enchaînements markoviens, obéissent aussi à des lois différentes. Le progrès technique surtout ressemble beaucoup plus — du moins si l'on considère la mise au point particulière d'une technique limitée — à une morphogénèse unitaire d'une espèce biologique. Quant à l'ensemble des progrès techniques — comme l'a souligné récemment F. Mayer (2) — il peut, lui, être représenté comme remplissant une courbe enveloppe, dont la « montée » est très accélérée, encore plus accélérée que la montée d'une courbe exponentielle. Ce qui exclut évidemment que le progrès technique, dans son ensemble, soit de caractère markovien. La progression accélérée de la technique humaine paraît plutôt explicable par analogie avec la progression des factorielles. Elle est en rapport

(1) Merleau-Ponty, *Les aventures de la dialectique*, p. 36.
(2) *Problématique de l'évolution* (P.U.F.).

avec le fait que toute nouvelle acquisition ne s'ajoute pas aux acquisitions précédentes, mais les multiplie, comme Leibniz le disait des facultés psychologiques. La « morphogénèse » technique de l'automobile supposait la mise au point préalable de nombreuses techniques : métallurgie, électricité, extraction du pétrole, récolte du caoutchouc, etc. sans parler de l'organisation sociale des voies de communication. Un savant ou un ingénieur du XVII[e] siècle n'avaient absolument aucune chance de créer une automobile semblable à nos véhicules actuels ; il lui aurait fallu un génie multivalent et surhumain ; il aurait du créer en même temps la multitude des facteurs, des techniques indispensables. Les ingénieurs du XIX[e] siècle n'ont eu au contraire qu'à effectuer les dernières « multiplications ». Les inventeurs de l'avion se sont servi à leur tour du moteur à explosion en le combinant avec un planeur. Les avions à réaction ont été mis au point beaucoup plus vite que les avions à piston. Des « éléments » techniques comme la vis, le cardan, la magnéto, la cellule photoélectrique, la lampe à trois électrodes, eux-mêmes déjà très complexes, se prêtent à des combinaisons de plus en plus variées ; ils entrent dans des produits dont la courbe d'ensemble correspond donc en gros à la progression des factorielles.

La vie économique offre aussi des mixtes d'aléatoire et de thématique, mais qui ne sont pas en général markoviens. En réaction contre l'économie des classiques, qui passait du microscopique, c'est-à-dire du comportement individuel de l'homme économique, au macroscopique, c'est-à-dire à l'économie sociale, en ne considérant que les effets statistiques des comportements individuels, et qui assimilait la société humaine, dans sa vie ou plutôt son équilibre économique, à un pur système physique où tout est quantitatif, l'économie théorique moderne assimile plutôt la société à un organisme imparfait, dans lequel des thèmes ou des finalités, sur-individuelles bien qu'émergeant, par l'intermédiaire de groupes sociaux hétérogènes, des thèmes individuels, se combinent avec les équilibres purement statistiques qu'ils encadrent. La société est une hiérarchie de ces formes psycho-sociales, et non une sorte de milieu homogène. Ces groupes psycho-sociaux sont capables de volontés anticipantes aussi bien que d'habitudes qui retardent les décisions, de calculs stratégiques, aussi bien que d'inertie mentale et d'associations d'idées (1). La société humaine, dans sa vie économique, n'est ni un

(1) Cf. GRANGER, *La méthodologie économique.*



système physique, dont l'évolution ne serait qu'une marche à l'équilibre, ni un organisme au développement entièrement thématisé et prévisible. La vie économique a un caractère vraiment historique. Mais son allure n'est pas markovienne. Elle ressemble plutôt à une stratégie, telle que von Neumann et Morgenstein l'ont schématisée et qui, intemporelle dans le schéma pur, devient historique dès que le jeu est mené par des groupes sociaux dont la conduite n'est pas entièrement rationalisable.

### LES ESPÈCES VIVANTES COMME SYSTÈMES MARKOVIENS.

Si nous revenons maintenant à la biologie et pensons à l'histoire des espèces vivantes plutôt qu'à l'histoire des sociétés humaines, le schéma markovien se révèle d'application tout aussi étendue. Le paléontologiste qui essaie de suivre de près et dans tous ses méandres l'évolution d'une espèce ou d'un ordre et, à plus forte raison, celui qui essaie de tenir devant sa pensée la morphogénèse d'une faune ou d'une flore, éprouve une impression très différente de celle du biologiste qui étudie le développement et la morphogénèse individuelle. Dans celle-ci, tout n'est qu'ordre et raison. Rien ne ressemble moins au désordre d'un jargon ou au désordre de l'histoire que ce déroulement admirablement efficace et bien « minuté », sans hésitation ni hasard, qui, en quelques mois ou en quelques semaines, d'une cellule imperceptible fait un merveilleux animal. Mais si l'on voulait et si l'on pouvait suivre l'histoire paléontologiste qui aboutit à la fourmi, à la girafe ou à l'homme, l'impression serait toute différente. L'histoire de l'Angleterre ou de l'Italie paraît la simplicité même si on la compare avec les aventures et les avatars, avec les hasards, les chances, les crises, les révolutions, les rattrapages, qui ont permis de passer des vivants primitifs à un insecte ou un vertébré actuel. C'est au point que les biologistes contemporains sont presque aussi sceptiques sur la possibilité, et même le sens, d'une théorie de l'évolution ayant la prétention de donner une clé universelle pour tout comprendre, que les historiens de profession sur la possibilité d'une philosophie de l'histoire.

## Les chaînes markoviennes dans l'évolution.

Sans la notion de « formations ouvertes », il serait impossible de comprendre une foule de phénomènes biologiques, qui portent encore nettement la trace d'enchaînements semi-fortuits, et pour lesquels il n'est d'explication qu'historique. Le parasitisme, la symbiose, le commensalisme, qui jouent un si grand rôle dans la constitution des espèces, en sont des exemples frappants. La morphologie d'une foule d'espèces est « synthétique » ; elle semble faite de thèmes d'abord agglomérés par le hasard et comme tirés sur un clavier markovien, et organisés seulement ensuite en phrases plus logiques.

Beaucoup d'animaux se servent comme organes d'autres organismes incorporés et transmis dans leur reproduction. Des seiches se servent de bactéries lumineuses pour leurs organes éclairants. Le ver *Microstoma* est pourvu de cellules urticantes, mais Kepner a montré que ces armes sont prises à des hydres microscopiques dont le ver se nourrit. Quand l'hydre est digérée, des cellules amiboïdes tapissant l'estomac du ver recueillent les cellules urticantes et les transportent dans le mésoderme, où d'autres cellules mobiles les recueillent et les transportent jusqu'à la peau en les tournant de telle sorte que le tube à poison est pointé vers l'extérieur (1). Les fourmis champignonnistes du Brésil, étudiées par Autuori (2), sont de véritables symbiotes du champignon qu'elles ensemencent, cultivent, repiquent, que la femelle emporte lors du vol nuptial dans une poche intra-buccale, et qui ne se rencontre jamais en dehors des nids des fourmis Atta.

Les fourmis esclavagistes sont encore plus intéressantes ici car elles offrent un parfait exemple de l'origine markovienne d'un trait spécifique. La plupart des espèces de fourmis attaquent spontanément les fourmis d'espèces différentes et emportent un butin si elles sont victorieuses. Le butin le plus précieux — à la fois par son association habituelle avec le comportement « objet précieux » dans la propre fourmilière, par les efforts des attaquées pour le conserver, et par sa plus grande comestibilité — c'est le couvain, œufs et larves. Les vainqueurs dévorent les œufs

(1) Cité par Tinbergen, *Etude de l'instinct*, p. 223.
(2) *L'instinct*, Masson, 1956.



à leur retour (1). Mais il arrive que les pupes éclosent à ce moment, aidées éventuellement par les premiers coups de mandibules de la prédatrice.

Alors le repas s'arrête aussitôt, car la fourmi qui vient d'éclore éveille l'instinct de soin parental au lieu de l'instinct de nutrition ou de combat. Elle n'est plus un ennemi ni une nourriture, elle est indiscernable, pour les vainqueurs, de leurs propres jeunes, et à son tour, elle accepte naturellement ses ravisseurs comme des parents. On peut suivre, dans différentes espèces, les effets variés de ce premier « déraillement », dans une chaîne markovienne, jusqu'au cas extrême, chez les Anergates, où les prédatrices ne sont plus capables de produire des ouvrières et doivent substituer leurs propres reines aux reines de l'espèce exploitée (2).

On conçoit aussi mal une interprétation hégélienne qu'une interprétation platonicienne de telles formations spécifiques, alors que l'analogie est excellente avec une évolution linguistique, produite par des fautes de langages, dues elles-mêmes à de fausses analogies, et devenant progressivement règles nouvelles et nouvelles normes.

On comprend que si des déraillements de ce genre se produisent au cours du développement proprement dit et non seulement au cours du comportement typique, les effets seront encore bien plus profonds. Il y a sans doute beaucoup à garder de la vieille idée, à la fois anti-lamarckienne et anti-darwinienne, exprimée, notamment par Cournot, de l'évolution des espèces comme « une tératologie féconde ». Cette idée a été au fond reprise sous le couvert du mutationnisme. Mais il y a avantage à la désolidariser de l'interprétation des généticiens dogmatiques. L'expérience révèle beaucoup de ces déraillements dont la plupart, naturellement, n'ont aucune chance de conduire à la formation d'une espèce nouvelle, mais dont quelques-uns peuvent réussir, comme les fautes de latin qui ont conduit au français.

Il arrive qu'une vésicule auditive ou du tissu nasal greffé

(1) D.W. Morley, *The ant world*, p. 92.
(2) J. Huxley, *Fourmis et termites*, ch. vii.

induise la formation d'un bourgeon de membre (Filatoff). Dans *Fundulus*, traité par toxique, on assiste à la formation d'yeux bien différenciés sur le blastoderme, loin de l'axe embryonnaire. Dans la régénération, les déraillements, les faux enchaînements sont très fréquents, à cause du fractionnement, souligné par Guyénot, des différents « territoires de régénération », qui s'ajustent ensuite comme ils peuvent et ne régulent qu'à demi, à cause aussi des enchaînements stéréotypés. Si, par exemple, dans un amphibien, on enlève le squelette d'un membre, les os ne sont pas régénérés, et le vide n'est comblé qu'avec du tissu conjonctif (Schaxel). Si ensuite on ampute le membre dépourvu d'os, le moignon régénère le membre complet et pourvu d'os.

Bien entendu, des déraillements de ce genre, expérimentaux, sont trop grossiers pour mener à des formations durables. Il n'en est pas de même s'ils se produisent spontanément, par de petites « erreurs » de synchronisme, ou par de petites disjonctions accidentelles dans les enchaînements. La « sortie » d'une substance inductrice peut être retardée, un tampon peut s'interposer entre le stimulus et le tissu compétent, un inducteur peut agir un peu plus longtemps qu'il ne le fait normalement, et produire ainsi des disproportions diverses, qui changent la forme. Le développement, par tous les enchaînements qu'il implique, est semblable à une course au trésor ou à un « voyage organisé » compliqué : le moindre raté oblige à un remaniement général de l'organisation.

Les variations par accident markovien sont fréquentes surtout dans la morphogénèse des organes ornementaux. Les dessins des ailes de papillon, si du moins on compare les dessins des espèces voisines, sont tout à fait analogues à une tapisserie produite par une machine de type Calliope, où du hasard est introduit systématiquement dans le montage. Les formes esthétiques, dans tous les domaines, ont une unité non rigide, « où l'indécis au précis se joint ». Elles sont à mi-chemin entre un langage signifiant et un langage de rêve, où les thèmes, étant disjoints, sont d'autant plus expressifs. Chez l'homme quand, dans la schizophrénie, les associations deviennent « markoviennes », elles prennent facilement une couleur esthétique. On peut donc s'attendre à voir changer aisément toutes les formes ornementales. Et en effet les dessins des ailes de papillons peuvent souvent être modifiés, simplement en faisant agir une température anormale pendant la période pupale. Le papillon Machaon, ainsi traité, devient presque indiscernable de *Papilio Sphyrus* ou de *Papilio Centralis* du Turkestan. De même, le plumage de certains pigeons, soumis à une atmosphère humide aussitôt après l'éclosion, se rapproche du plumage d'espèces tropicales.



Goldschmidt (1) a étudié systématiquement tous les faits dits de phénocopie, dans lesquels, par l'action de facteurs physico-chimiques externes, on peut imiter un caractère morphologique produit par une mutation génétique. Ainsi, l'effet morphologique de beaucoup de mutations connues de la drosophile peut être reproduit par le froid, le chaud, l'humidité, la présence ou l'absence d'une vitamine. Goldschmidt conclut très justement que ces faits permettent de comprendre le mode d'action habituel des gènes. La température, selon toute vraisemblance, agit sur le *pattern* en influençant des taux de réaction, en accélérant ou retardant une formation relativement à une autre. Si la température peut si bien imiter l'action du gène, c'est donc que le gène agit aussi de la même façon, comme un catalyseur, en perturbant des temps, des synchronisations ou des enchaînements de rythmes formateurs (2). On a considéré l'œuvre de Goldschmidt comme un grand progrès de la biologie, et une remise au point de la génétique dogmatique. Les gènes, comme les actions physico-chimiques externes, introduisent un élément de hasard markovien dans les enchaînements complexes des actions formatrices. En troublant ou en favorisant une direction à un moment critique, ils orientent différemment toute une chaîne, de même qu'un simple ralentissement ou une viscosité des actes intellectuels suffit à expliquer un certain nombre des caractères de l'aphasie. Mais ils n'expliquent certainement pas plus les thèmes morphogénétiques eux-mêmes que les modes de tirage n'expliquent le contenu des urnes dans lesquelles le tirage s'effectue. Dans presque tous les cas étudiés de près, leur action est négative,

(1) *Physiological genetics* (New York, 1938).
(2) Cf. J.B.S. HALDANE, *Biochemistry and genetics*, p. 111-124.

comme celles qui produisent tous les degrés des ailes entaillées, rabougries, rognées et vestigiales de la drosophile. Leur action n'est jamais positive qu'indirectement, par effet de prolongation d'une action positive qui est d'un autre ordre, et dans le sens où, en retardant frauduleusement une horloge et en faisant travailler plus longtemps un ouvrier, on peut être responsable de l'œuvre produite par lui. C'est pourquoi la réussite des phénocopies dépend toujours très étroitement du moment et du point où l'on fait intervenir les agents perturbateurs. Il faut saisir l'instant de l'enchaînement de deux ou plusieurs thèmes, et de l'aiguillage décisif. Les recherches minutieuses sur le dessin de l'aile du papillon *Ephestia* (Kühn et Henke), ont révélé les moments et les points où la « fabrication » d'un des thèmes du *pattern* entre en jeu et se combine avec les autres — les moments donc où l'on peut supprimer tel fil dans le tissu total ou l'orienter autrement, en touchant le métier à tisser. La pigmentation des fleurs est un jeu chimique markovien analogue, et il donne lieu aux mêmes effets expérimentaux, permettant les mêmes conclusions.

Si l'on met à part les formations ornementales superficielles, où la norme d'une espèce peut varier sans grand risque, les crises évolutives par déraillement markovien et les « tératologies fécondes » sont rares. En fait, les espèces sont stables, et se fixent en général pendant des millions d'années dans un système rigoureusement enchaîné, où les tirages aléatoires sont exclus sous peine de mort. La répétition monotone des ontogénèses individuelles échappe très longtemps à l'histoire. Seul alors, le comportement instinctif peut être, dans une mesure limitée, markovien. Ses aléas peuvent être mortels pour les individus, mais l'espèce survit. Un animal peut « dérailler », en considérant ses œufs ou ses petits comme « à manger » au lieu de « à soigner » ; des chenilles processionnaires ou des fourmis guerrières peuvent s'épuiser à tourner en rond, l'espèce n'en meurt pas, mais elle ne change pas non plus, en général. Il est rare qu'un déplacement de l'instinct entraîne une nouvelle formation spécifique. Il est plus rare encore qu'un déplacement des instincts ou des activités formatrices, à un niveau plus fondamental,



au niveau de l'ontogénèse, réussisse à provoquer un remaniement général viable et un nouveau système de normalité. Presque toujours, la tératologie est mortelle et non féconde. Toute transgression est rigoureusement punie. La morphogénèse spécifique doit échapper à l'histoire, et l'aspect historique que prend l'évolution de l'ensemble des espèces quand on la considère d'un seul regard qui met bout à bout les rares crises évolutives, ne doit pas faire illusion. Alors que, pour les sociétés humaines, les « tératologies fécondes », les déplacements de normalité et de légalité sont la règle, et les périodes de longue stabilité l'exception, c'est l'inverse dans ces « sociétés » de thèmes morphologiques que sont les espèces organiques.

CHAPITRE IX

# LES FORMATIONS EN « MOTS CROISÉS »

Une espèce, en période normale de stabilité, n'est plus « markovienne ». Elle échappe à l'histoire. Toute espèce a une stabilité primaire qui tient au fait que le potentiel thématique est intemporel par nature. Mais elle a aussi une stabilité secondaire, dont l'aspect positif est fait d'une double négation, d'un effort pour éliminer les chaînes ouvertes, et pour les refermer sur elles-mêmes en des cycles immuables, et répétables tels quels. Les espèces y réussissent de deux manières, d'une part par entrelacement et mise en réseaux des chaînes ouvertes ; d'autre part, par direction régulative de ces chaînes.

Dans la morphogénèse normale, nous l'avons vu, la tâche de la formation est rapidement distribuée en plusieurs aires présomptives, puis en ébauches, qui se différencient chacune de leur côté, puis se rencontrent, s'ajustent, et collaborent. Laissons provisoirement de côté les ajustages et collaborations pour ne considérer que les rencontres. On peut comparer alors l'organisme en formation à une sorte de réseau cristallin, non chimique mais sémantique, à une grille de « mots croisés », dans laquelle des mots signifiants apparaissent dans plus d'un sens, et peuvent être lus de gauche à droite, aussi bien que de haut en bas.



## LES ÉVOCATIONS ENTRECROISÉES.

C'est l'ensemble de toutes ces rencontres et de tous ces entrecroisements qui a fait comparer le développement à un mouvement d'horlogerie, ou à un tissage mécanique, ou à une cristallisation physique, et qui a fait parler de la « mécanique du développement ». Mais le « cristal », ou le « mécanisme » ou le « tissu » porte sur des thèmes signifiants, il est « sémantique ». La comparaison avec un problème de « mots croisés » — sorte de cristallisation sémantique — tout en paraissant plus fantaisiste, est beaucoup plus près des faits. Et on le comprend aisément, si le développement est thématique et mnémique. Une aire « déterminée », mais seulement encore d'une façon abstraite et sans direction différenciatrice précise, est comme la définition d'un des « mots à trouver » : Elle doit être confirmée par recoupement, par croisement avec d'autres aires de détermination. L'oreille, ou l'œil, est ainsi formé, non certes par pièces et par morceaux, ou par engrènement de rouages, mais par convergence de thèmes. Les faits de «double assurance », quoi qu'en disent certains embryologistes, sont la règle plutôt que l'exception, du moins en ce sens que toute différenciation locale dépend d'une pluralité de stimuli entrecroisés, d'une constellation évocatrice.

De même que la solution d'un problème de mots croisés est amorcée par un mot ou par une zone facile qui fait tache d'huile, avec parfois des effets en éventail — dans un « de proche en proche » qui n'est d'ailleurs pas strictement spatial, puisque les mots « induits » par les mots sûrs sont trouvés d'une seule intuition — de même, dans l'embryon, il y a des zones dirigeantes où opèrent les inducteurs primaires : lèvre blastoporale, puis gouttière médullaire, etc., et des zones dirigées où les ébauches se constituent d'abord pièce à pièce ou par thèmes secondaires. C'est ainsi, par exemple, que les ébauches qui deviendront l'appareil circulatoire apparaissent de place en place et fusionnent ensuite pour former le réseau vasculaire.

C'est ainsi encore que des matériaux ou des états frustes de la forme future précèdent souvent, dans le

comportement comme dans le développement, la forme définitive, qui prend naissance à partir de ces matériaux par une sorte d'animation transfigurante, comme, dans un problème de mots croisés, . G . MEM . O . devient brusquement AGAMEMNON. A. Gesell en donne de nombreux exemples empruntés au développement psycho-physiologique de l'enfant. Le comportement moteur se met en place progressivement à partir de thèmes moteurs plus simples qui en sont les matériaux dynamiques : « Un trait de comportement est d'abord *naissant*, c'est-à-dire simple et discret ; il devient *assimilatif* quand deux traits ou plus se combinent, interfèrent ; *intégratif*, quand un trait acquiert une seconde composante inséparable ; *coordinatif* quand émerge un type complexe, et finalement *synergique* quand toutes les composantes essentielles ont été liées ensemble » (1).

Sous les métaphores mécanistes des biologistes qui comparent l'organisme à un cristal liquide, à un ensemble de champs physiques ou de systèmes chimiques, on voit poindre la métaphore, meilleure, du « réseau sémantique », du « problème de mots croisés » : « La vie, dit D.L. Watson, est un processus ou une méthode, une série intégralement connectée d'opérations, un principe contagieux d'utilisation d'énergie libre en réserve... L'agent organisateur n'est pas centralisé, comme des philosophes tels Rignano, ou Driesch l'imaginaient, mais il est diffus dans tout l'organisme. » Et la même métaphore vaut pour les plus hautes créations intellectuelles : « Les structures mentales sont tout aussi réelles et somatiques que des structures cristallines ou fibreuses... Elles sont produites naturellement par des forces d'induction, de même qu'un cristallin embryonnaire est créé au voisinage d'une cupule optique dans un champ morphogène. » (2)

Evidemment, aucune métaphore ne doit être poussée trop loin. Il n'y a pas de grille, de réseau de cases blanches et noires dans l'embryon, ou plutôt, l'œuf

(1) A. GESELL, *L'embryologie du comportement*, p. 185.
(2) A. GESELL, *op. cit.*, p. 202.



fécondé commence par mettre en place lui-même, à partir de sa propre structuration primitive, l'équivalent de cette grille ou de ces cases noires, en établissant un système multiple, à plusieurs entrées, de polarités, de gradients, peut-être de réseaux cristallins, phy-

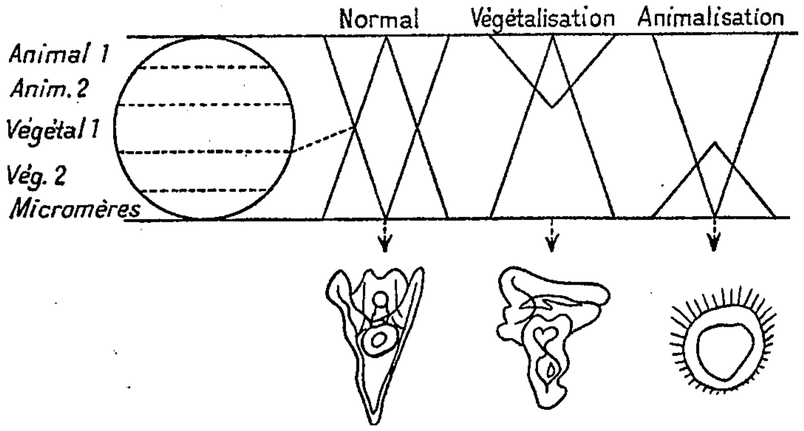


Fig. 13

siques, qui servent ensuite de canevas pour les réseaux sémantiques, pour les trouvailles ou évocations morphologiques. C'est précisément sur ce canevas que l'expérimentateur peut agir le plus facilement, et les embryologistes de l'école suédoise, par exemple, en jouant de toutes manières avec le double gradient de l'œuf d'oursin, ont pu troubler de façon systématique le remplissage morphologique de cette « grille » (cf. Fig. 13).

### RÉSEAUX SÉMANTIQUES ET ILLUSION PRÉFORMATIONNISTE.

Ce qui fait la valeur de la comparaison, c'est qu'elle donne le moyen de comprendre l'illusion préformationniste persistante des biologistes, tout en la révélant clairement comme une illusion. Lorsque l'on résout un problème de mots croisés facile, que la grille n'a pas été déformée, que le remplissage semble s'opérer sans effort et comme automatiquement, et lorsque l'on

aboutit rapidement à la bonne solution, c'est-à-dire aux mots prévus par le fabricant du problème, on éprouve à peine l'impression d'une invention, d'une épigenèse, d'un risque créateur. Il est pourtant incontestable que celui qui résout un tel problème, même très facile, ne peut se borner à « fonctionner » mentalement puisque, par hypothèse, il ne connaît pas le corrigé, et qu'il doit, par conséquent, faire des actes « noégénétiques », selon l'expression de Spearman, analogues à ceux que fait un sujet dans un test d'intelligence. Les « éductions » les plus faciles, telles que

« *Regarder est à voir, ce que écouter est à*...(4) »

qui paraissent littéralement sauter d'elles-mêmes à l'esprit, exigent pourtant que le thème ait été saisi et dirige l'évocation mnémique. Pour l'homme, remarque Köhler, beaucoup de « problèmes » pour le chimpanzé ne paraissent pas être des problèmes. Le fait d'arriver à un résultat prévisible et prévu dans un test d'intelligence ou dans un problème de mots croisés, comme dans une morphogénèse, n'est pas du tout incompatible avec une épigénèse authentique. Parce que tous les fils de la morphogénèse s'entrecroisent à point nommé, on ne doit pas en conclure que les premiers linéaments, les premières ébauches, les premiers axes de symétrie, les premières polarités qui s'établissent dans l'œuf fécondé, sont pareilles à la mise en marche d'un métier à tisser ou d'un mouvement d'horlogerie. Ils représentent d'authentiques « éductions », et, comme les premiers mots trouvés sur la grille, ils servent à leur tour à poser d'autres problèmes d'éduction morphogénétique. On peut par exemple continuer le test précité en posant

« ... (4)... *est à oreille, ce que voir est à*... (5)... ».

Puis,

« (5) *est à appareil photographique ce que*... (6)... *est à*... (7)... ».

Jusqu'à ce que, par le jeu des entrecroisements d'éduction, des systèmes de cases entièrement vides puissent être remplis, comme ce serait déjà le cas, dans l'exemple précédent, si « *appareil photographique* » avait déjà été trouvé par éduction à partir d'une autre chaîne.



## Réseaux sémantiques et histoire providentialisée.

Enfin, la comparaison avec un problème de mots croisés fait très bien comprendre la différence entre une morphogénèse et une histoire « markovienne ». Une morphogénèse normale, si elle n'est pas préformée au sens mécaniste du mot, dans l'œuf ou dans les gènes, si elle est une activité créatrice inventive et thématique, n'en est pas moins, que l'on nous passe ce mot barbare, « providentialisée ». Les trouvailles, le long de chaque chaîne, sont escomptées ; les points de rencontre aussi et, par conséquent, les chaînes futures qui, à leur tour, partiront de ces points non encore actuels. Au moment où l'œuf en division est encore une simple blastula, on chercherait en vain dans l'espace — et pour cause — le point de rencontre de la coupe optique inexistante et du sillon ectodermique qui donnera le cristallin. *L'œil est aussi « inexistant » dans la blastula, que le mot « œil » dans la grille encore vide du problème de mots croisés* ou dans la feuille de test non encore remplie. Mais on ne peut ajouter « aussi inexistant que l'automobile ou la C.G.T. dans le Paris du XVII^e^ siècle ». La « providence », dans le problème ou dans le test, c'est l'esprit du fabricant du problème ou du test, qui connaît la bonne réponse, et qui a agencé les bons entrecroisements. Dans la morphogénèse, la providence, c'est la totalité du potentiel spécifique, la mémoire trans-spatiale non matérielle, sémantique, l'ensemble coordonné des thèmes non actuels.

Dans l'histoire politique ou technique, il n'y a pas de providence de ce genre, sauf dans les rêveries des théologiens ou des métaphysiciens, de Bossuet ou de Leibniz. Pour Bossuet l'histoire est en somme semblable à une morphogénèse : l'Empire romain prépare le monde au Christianisme comme la gastrulation prépare la neurulation. De même, pour Leibniz, le crime de Tarquin, pareil à l'effraction du spermatozoïde condition du développement, est condition de l'Empire romain, du Christianisme, et du meilleur monde possible.

En fait, évidemment, l'histoire humaine est beaucoup

plus « markovienne ». Elle ne va pas absolument au hasard. Les efforts, en principe sensés, mais dispersés, des hommes pour résoudre les problèmes actuels, sont soumis dans leur ensemble à des possibles, à une « nature des choses » qui apparaît vaguement comme une sorte de norme providentielle, et que les traditionalistes ou les progressistes mystiques, imaginent comme « la bonne solution ». Mais ces possibles ne sont pas bouclés, tissés, entrecroisés en réseaux comme les virtualités sémantiques d'un problème de mots croisés ou les potentialités morphologiques d'un embryon. Et, sauf certaines illusions passagères, ils ne se prouvent pas eux-mêmes par recoupement. Il n'y a pas, dans les efforts morphogénétiques de l'histoire, de norme mnémique, de potentiel spécifié par d'antérieures réalisations. L'histoire doit s'inventer selon les suggestions, enchaînées semi-fortuitement, des diverses situations. L'existentialisme, à l'inverse des philosophes providentialistes de l'histoire, qui appliquent indûment à l'évolution humaine ce qui est vrai de la morphogénèse spécifique, applique indûment à la morphogénèse ou au comportement spécifique, ce qui est vrai de l'histoire humaine. Il nie le type, la norme idéale, la pré-solution mnémique, la présidence des instincts naturels dans le comportement et même — bien que cette thèse demeure implicite — dans la formation de l'homme individuel. Chaque étape, au lieu d'être, comme l'ensemble des mots déjà trouvés d'un problème de mots croisés, déjà conforme à une norme qui l'enveloppe, n'est pour lui qu'un nouveau point de départ, en lui-même quelconque, pour la liberté pure. Ou plutôt, c'est là ce que devrait soutenir l'existentialisme s'il était une doctrine cohérente, et s'il n'avait pas esquivé les problèmes biologiques.

La mémoire biologique, dans le développement comme dans le comportement, concilie en somme invention et préformation, providentialisme et liberté. Les entrecroisements mnémiques, destinés à s'ajuster et à s'assurer réciproquement, donnent normalement aux diverses espèces une stabilité durable, qui n'est rompue qu'exceptionnellement, lorsqu'une déviation locale de la norme réussit à reformer un autre ensemble cohérent, un autre « réseau sémantique », ce que les généticiens de l'école de Goldschmidt interprètent comme un remaniement général de l'équipement génétique. Il peut arriver en effet que celui qui



tente un problème de mots croisés s'écarte de la solution prévue, tout en parvenant à une solution également cohérente et plausible. L'évolution des espèces est due à ce genre de déviations dans lesquelles la réinvention qu'il y a dans toute mémoire devient de l'invention pure. Et c'est pour cela que, si la morphogénèse normale d'un individu selon un type spécifique ne ressemble pas à l'histoire humaine, l'évolution des espèces, elle, ressemble à une histoire capricieuse, régie, non par un potentiel mnémifié, mais par les possibles tout court.

### Précautions actives contre les déraillements.

Arrivons maintenant au deuxième procédé, très différent du premier, par lequel une espèce, en période de stabilité, échappe aux déplacements markoviens. Ce procédé comporte une direction régulative. Il ne faut pas confondre cette direction régulative, superposée aux chaînes multiples, avec l'action primaire du potentiel qui distribue les thèmes de développement et amorce les chaînes — bien que dans la réalité les deux actions soient parfois difficiles à distinguer, et qu'en fait, on puisse considérer la direction régulative comme une «surveillance » exercée par le potentiel dans son unité résiduelle. Cette direction régulative apparaît surtout dans le comportement instinctif, ce qui permet de la comparer à la régulation psychique opérée par ce que les psychologues de Würtzburg appelaient « la tendance déterminante », ou « la tâche », qui oriente les associations particulières et les empêche de dérailler aux points d'aiguillage où un effet « markovien » serait à craindre.

Sa femelle — pour un mâle combatif — risque d'être confondue avec un ennemi ; l'animal qui rentre au nid risque d'être attaqué par les occupants comme un intrus dangereux ; un jeune risque d'être mangé par ses parents. L'instinct semble prendre souvent la précaution spéciale, en ces points délicats, d'accentuer les caractères distinctifs du stimulus : la femelle prend une attitude de soumission ; le héron nocturne (*Nycticorax*) qui rentre au nid, fait un « salut », une « cérémonie d'apaisement », en dressant les trois

plumes blanches de sa tête (1). Mais, dans beaucoup d'autres cas, il faut que l'animal, pour éviter le déraillement, soit pareil à un sujet des expériences de Würtzburg, dans l'esprit duquel la tâche subconsciente transfigure l'aspect d'un mot inducteur, au point que le même stimulus (objectivement), n'est plus le même (subjectivement). Le stimulus forme avec la tâche une totalité thématique nouvelle. Les poissons Chichlidés qui élèvent leurs petits dans leur bouche, ne doivent pas les sentir comme « morceau à avaler ». Une direction régulative doit former, avec le stimulus, ce que Selz appelle une « tâche totale ». C'est d'ailleurs ce qui différencie normalement, d'un jargon markovien, les phrases correctes et signifiantes prononcées par un individu sain : le thème général, la tâche sémantique de la phrase projetée dirige le jeu semi-automatique des formes toutes faites qui ne demanderaient qu'à s'associer selon leurs résonances, et qui s'associent en fait de cette manière dès que la surveillance dynamique du thème fléchit, comme chez un aphasique.

La direction régulative apparaît aussi dans la morphogénèse proprement dite. Les embryologistes distinguent en général — bien qu'ils s'entendent assez mal dans leur vocabulaire — entre l'évocation pure et simple, et l'évocation dans un champ d'individuation (2). Ainsi, la neurulation peut être évoquée dans l'ectoderme compétent par des substances chimiques, sans que suive une ébauche normale de système nerveux, où le côté « tête » soit distingué du côté « queue ». Dans un champ d'individuation normal, tout tissu tend à se différencier régionalement non seulement selon l'inducteur-stimulus avec lequel il est en contact immédiat, mais aussi selon la place typique des ébauches qui sont normalement parties du tout. Aussi, lorsque l'expérimentateur utilise systématiquement des inducteurs « faux » dans un champ

(1) TINBERGEN, *Social behaviour in animals* (Methuen, 1953), p. 47.
(2) Cf. C.H. WADDINGTON, *Principles of embryology* (1956), p. 455.



d'individuation déjà constitué, par exemple en greffant des tissus — morts ou vivants — qui, normalement sont inducteurs de tête, à l'endroit de l'hôte qui, normalement, est producteur de queue et inversement, les résultats sont variables. Tantôt l'inducteur prédomine, tantôt le champ d'individuation de l'hôte prédomine et corrige l'action de l'inducteur, comme

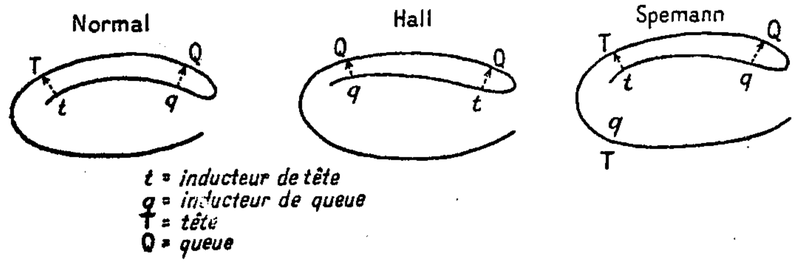


Fig. 14

dans l'expérience de Spemann, où un inducteur secondaire de queue, greffé dans un axe secondaire au voisinage de la tête de l'axe principal, induit une tête. Tantôt enfin la correction est incomplète, comme dans l'expérience de E.K. Hall, où les inducteurs tête et queue inversés n'aboutissent qu'à former un embryon monstrueux, à double queue.

### JARGONS MARKOVIENS ET TÉRATOMES.

Les tératomes, les mélanges chaotiques de tissus et même d'organes : cheveux, dents, tissu nerveux, os, cartilage, amygdale, que l'on trouve notamment dans les kystes ovariens, véritables jargons markoviens d'une morphologie spécifique, paraissent être dus à l'action de substances évocatrices, en dehors de tout contrôle d'un champ d'individuation, sur des tissus adultes ayant conservé des compétences variées. Ces chaos d'organes ou de tissus ne prennent jamais une forme d'ensemble individualisée, et ils ne ressemblent pas à des embryons monstrueux, avec lesquels on les

a souvent identifiés (1). Tout au plus apparait-il en eux des corrélations locales, de proche en proche, de tissus : ainsi, des muscles lisses s'associent avec des cavités glandulaires, des îlots cartilagineux avec du tissu nerveux, comme si des inducteurs secondaires ou tertiaires étaient à l'œuvre, et faisaient un ordre purement régional, selon des effets que Holtfreter appelle de « vicinité », ou d'affinité tissulaire, d'une manière tout à fait conforme au schéma d'une chaîne de Markoff.

Les tératomes sont généralement bénins, mais certains ont une malignité qui les apparente aux croissances cellulaires cancéreuses. Il est naturel d'interpréter ces dernières comme des formations qui, elles aussi, échappent à une dominance, à une direction régulative. Et, à vrai dire, ce n'est pas là une interprétation, mais une simple description des faits, qui n'apprend rien de plus que les faits connus. Les croissances cellulaires qui, normalement, sont dominées par le thème morphologique d'un organe ou d'un tissu, comme celui-ci est dominé par le champ d'individuation, s'émancipent. Il est même probable que les proliférations cancéreuses impliquent dans la cellule elle-même une émancipation, à un niveau encore plus élémentaire, hors d'un champ d'individuation cellulaire, de particules macromoléculaires, dont on ne sait si on doit les appeler « virus » ou « protéines constituantes » en rupture de ban.

La formation cancéreuse n'est plus alors un jargon markovien à degré relativement élevé d'organisation, en mots ou en expressions toutes faites, comme dans les tumeurs bénignes, elle est un jargon markovien à un degré plus bas d'organisation, où les thèmes cellulaires eux-mêmes sont disjoints, bien que les cellules malignes restent tout de même des cellules et gardent même le plus souvent des caractéristiques du tissu d'où elles proviennent.

(1) NEEDHAM, *Biochemistry and morphogenesis*, p. 231, et E. WOLFF, *La science des monstres*, p. 35.
E. Wolff y voit, contrairement à l'avis de Needham, des monstres doubles à composantes inégales.



Tout stimulus, tout inducteur, en lui-même normal, peut être facteur de désordre, s'il agit et évoque une compétence en l'absence d'une direction régulative surordonnée. C'est un fait bien connu que des substances analogues ou identiques peuvent être, ou hormones féminisantes (œstrogènes), ou agents d'induction, ou cancérigènes, et agir ainsi dans la morphogénèse normale et dans la morphogénèse pathologique. Vraisemblablement, de « fausses » protéines peuvent participer, comme faux stimuli ou fausses clés, aux cycles des formations cellulaires. Les modes d'action des « vrais » et des « faux » inducteurs sont souvent tout à fait indiscernables. L. Lœb, Needham, et Waddington ont souligné, par exemple, l'analogie entre la transmission de cancers par injection de jus cellulaire — ce qui conduit à les attribuer à un virus filtrant — et l'induction « homoiogénétique », par laquelle la plaque neurale, une fois induite par des substances émanant de l'organisateur primaire, devient capable d'induire une plaque neurale secondaire et ainsi de suite, du « jus » de plaque neurale pouvant *propager* la neurulation, aussi bien qu'un greffon implanté.

L'emploi inévitable ici des mots « normal » ou « pathologique », « bon » ou « mauvais », « vrai » ou « faux », est caractéristique et il fait précisément la preuve que les enchaînements normaux sont dominés par une direction régulative qui les empêche, sauf accident, d'être markoviens, et qui les fait ressembler à une phrase sensée. Une chaîne de Markoff, une association d'idées, un enchaînement ouvert, n'est ni vrai ni faux. Le vrai et le faux — et, dans les expériences de Würtzburg, le *sentiment* du vrai et du faux pour la réponse donnée au mot inducteur, le sentiment d'un jugement possible de la réponse — n'apparaît que si une tâche est imposée et domine les associations. Qu'elle réussisse ou non, c'est sa présence seule qui permet d'employer les mots « vrai » ou « faux », « bien » ou « mal ». Un stimulus-signal déjà peut être vrai ou faux, dans la mesure où il sert à un enchaînement dont le morcelage s'est substitué à un thème dominant et qui n'a qu'une valeur de substitution.

Quand le chien, conditionné à un stimulus, salive même quand l'expérimentateur ne doit pas confirmer ce stimulus, quand un poisson se laisse tromper par un *releaser* artificiel et réagit à un leurre ; quand un tissu organique enfin répond à une hormone ou à une protéine qui ressemble seulement à l'hormone ou à la protéine habituelle, et que l'induction est pathologique, les mots « faux », « leurre », « anormal », n'ont un sens que parce que, au-dessus des enchaînements, il y a un thème ou une tâche dominante, qui tantôt réussit à redresser et à normaliser l'enchaînement — le chien arrête la salivation par inhibition interne, le champ d'individuation organique normalise un régénérat d'abord atypique — tantôt échoue, ce qui amène mort, maladie ou monstruosité, sauf dans les cas rarissimes où l'erreur est à l'origine d'une évolution viable et d'une nouvelle norme spécifique.

## Chapitre X

## LES COMPLEXES « SPECTACLE-SPECTATEUR »

Les biologistes nomment « allesthétiques » — c'est-à-dire « à être perçus par les autres » — les caractères qui ne sont concevables, en un individu, dans leur origine et leur rôle biologique que par l'action intermédiaire des récepteurs à distance, œil, oreille, organe olfactif d'un autre individu. Pour la plupart des organes et des organismes, la morphogénèse, plus ou moins adaptative, s'explique ou plutôt se comprend par la nécessité inhérente à leur forme propre ou à leur forme dans ses rapports avec le milieu. Mais dans un bon nombre d'organismes et de caractères organiques, la morphogénèse ne peut se comprendre que parce que l'*apparence* de l'organisme, dans la perception d'autres organismes, a été un facteur essentiel de son évolution. Donnons-en quelques exemples. Les mammifères autres que les primates n'ont de couleur que du noir au blanc, en passant par des nuances grisâtres, roussâtres, ou fauves. Les vraies rouges, pourpres ou bleus ne reparaissent que chez les primates, singes ou hommes, soit dans l'organisme même, (par exemple chez le mandrill) soit dans les productions extra-organiques. Et ce n'est sûrement pas un hasard, si les primates sont aussi les seuls mammi-

fères connus qui possèdent un sens de la couleur bien développé. De même, les couleurs vives de beaucoup d'oiseaux, de lézards, de poissons, de fleurs entomophiles, impliquent l'existence de sensations de couleur dans les organismes concernés par ces « apparences », et à qui elles servent de stimuli-signaux. La corrélation spectacle-récepteur se poursuit jusque dans le détail. Ainsi, les abeilles sont aveugles au rouge, mais perçoivent l'ultra-violet, et les couleurs des fleurs qu'elles pollinisent correspondent. Le rouge, au contraire, est un bon stimulus pour les oiseaux diurnes, aussi il apparaît souvent dans les fruits dont ils répandent la graine, ou dans les fleurs qu'ils pollinisent.

Les animaux des grands fonds qui possèdent les organes luminescents les plus parfaits, sont aussi les possesseurs des yeux les mieux développés, et même il est remarquable que la structure des organes luminescents, avec leurs substances photogéniques, leurs réflecteurs et leurs lentilles, correspondent à la structure des organes sensibles à la lumière, dont le fonctionnement est inverse. On trouve des corrélations semblables entre organes sonores et récepteurs sonores chez les insectes, oiseaux et mammifères, ou entre organes odoriférants et récepteurs olfactifs.

Ces correspondances sont tout à fait analogues à celles qui existent entre organes mâles et femelles, ce qui exclut la possibilité de les expliquer par le seul jeu de la sélection naturelle. La sélection semble pouvoir expliquer les correspondances des fleurs entomophiles aux possibilités perceptives des insectes. Mais on voit mal comment elle expliquerait la correspondance des photo-émetteurs aux photo-récepteurs, et pas du tout comment elle expliquerait la correspondance toute semblable des organes mâles et femelles. Plus exactement, la sélection, si sélection il y a, a dû agir sur l'ensemble, sur le complexe « spectacle-spectateur » comme sur le complexe « mâle-femelle », dont les correspondances restent donc à expliquer en elles-mêmes.

Ce qui est possible dans le cas des fleurs et des insectes, à savoir qu'un des termes, d'abord existant,



ait présidé à la formation sélective de l'autre, est évidemment exclu quand il s'agit, non d'une adaptation semi-historique — parasitique ou symbiotique — de deux espèces très différentes, mais d'une adaptation « stimulus-réception » *à l'intérieur* d'une espèce. Le complexe spectacle-spectateur représente une sorte de circuit en *feed back* double et conjugué, où chacun des deux termes sert de régulateur à l'autre. Comme dans tous les cycles de fonctionnement, et plus impérieusement encore, la mise en place des termes doit être commandée unitairement, et les éléments du système doivent se perfectionner conjointement ; l'un ne peut être pure cause, et l'autre pur effet. Dalcq a noté que les dessins extérieurs des vertébrés par répartition de pigments sont dus à des cellules qui émigrent de la crête neurale pendant l'embryogénèse (1). Le même processus pourrait ainsi donner lieu à la fois à la forme perçue et à l'appareil qui sert à la perception.

### Les organes « a être vus » et le principe de Berkeley.

Les caractères allesthétiques semblent vérifier le célèbre principe de Berkeley : « Etre, c'est être perçu ». Comme le souligne J. Huxley (2), la lumière, ou la couleur, au sens propre du mot, comme expérience psycho-biologique, et non comme « radiation photique », « n'est pas venue à l'existence, avant qu'il n'y ait des animaux avec des yeux ». En réalité, le succès partiel de la formule prouve qu'elle n'a pas de valeur générale. La grande majorité des caractères morphologiques ne dépend pas de la perception par un autre être. Les organes « à être vus », selon l'expression de A. Portmann, sont assez nombreux, mais tout de même exceptionnels. Les viscères et même les formes extérieures d'une foule d'organismes doivent se comprendre directement. Ils dépendent peut-être d'une sorte d'auto-vision, si toutefois on peut

(1) Cité par J.B.S. Haldane, *Les aspects physico-chimiques des instincts.* (*L'instinct*, Masson, 1956).
(2) J. Huxley, *Evolution in action*, p. 85.

employer cette expression très impropre pour désigner le caractère de « domaine absolu » de l'organisme ; ils ne dépendent sûrement pas de la vision d'un autre.

Et d'ailleurs, il est clair que la morphogénèse même des organes « à être vus » doit s'opérer à partir de formes qui n'ont pas ce caractère. C'est un vêtement surajouté, un habit de cérémonie, et parfois un déguisement. Perception, et émission ou organisation de « perceptibles », représentent un perfectionnement des organismes, efficace certes, mais secondaire. La conscience perceptive est un événement, un fait nouveau dans l'histoire de la vie, ce ne peut être un fait primordial. Les formes-images, les formes-pour-un-autre, ne peuvent être qu'un cas particulier des formes tout court.

### Décors artificiels et décors naturels.

Examinons de plus près ce qu'est une situation de « spectacle-spectateur » et d'autre part ce qu'est en elle-même la perception. Puisque le théâtre est un exemple typique de « spectacle », supposons que A, B, C, D, E... représentent des décors de scène perçus par

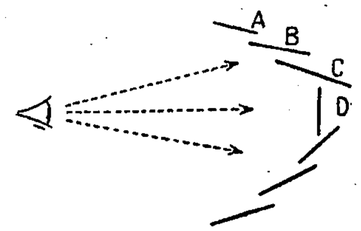


Fig. 15

l'œil du spectateur. On a très fortement l'impression que c'est l'œil, le regard « émané » de l'œil du spectateur, qui crée seul l'unité du décor, formé des panneaux distincts A, B, C, D. Et, en fait, à considérer les choses en gros, il en est bien ainsi dans la circonstance. Le metteur en scène a planté les décors du point



de vue du spectateur, en se mettant éventuellement, pendant les répétitions, à la place même qu'occupera le spectateur futur, place d'où il peut « balayer du regard » toute la scène. Faute de cette unité apportée par le regard, il ne subsiste plus, pense-t-on, dans l'objet réel, qu'une cohérence de proche en proche sans unité formelle véritable. Chaque élément du décor n'est plus qu'un panneau encombrant qu'il faut transporter par camion spécial. On ne voit pas de milieu entre une forme, apparaissant dans une conscience perceptive, et une absence de forme, retournée à ses constituants matériels, simplement liés de proche en proche. Sans aller aussi loin que Berkeley, le philosophe, sinon l'homme de bon sens, va au moins jusqu'à croire que la forme de l'objet qui n'est plus regardé n'a plus qu'une réalité indirecte, opératoire, subordonnée à une cohérence physique qui s'exerce d'une molécule à l'autre.

Supposons maintenant que le schéma, au lieu de représenter un décor de théâtre et un spectateur dans la salle, représente un paon qui fait la roue devant sa paonne, ou n'importe quel animal ou organisme déployant devant un autre des caractères allesthétiques. Il devient cette fois évident qu'il faut bien admettre un moyen terme, une manière d'être intermédiaire entre la forme-image et la pseudo-forme par cohérence de proche en proche. La forme organique, en elle-même, indépendamment des regards posés sur elle possède une authentique unité formelle. La queue du paon a autant de droit à être considérée, en elle-même, comme unité formelle et thématique, que les viscères non vus de la bête. La morphogénèse ou le comportement d'un organisme, même supposé sans aucun caractère allesthétique, a un caractère de forme vraie, qui se passe parfaitement d'être une forme-image. Les embryons jeunes, les végétaux, les unicellulaires, n'ont pas d'yeux, et peuvent n'être vus par aucun œil ; ils n'en sont pas moins des unités actives, fort différentes de la fausse unité toute conventionnelle des décors de théâtre non regardés.

PERCEPTION ET FORME VRAIE.

D'ailleurs si, au lieu de considérer comme nous l'avons fait, *la situation* spectacle-spectateur et la *mise en scène* d'une parade organique ou d'une représentation théâtrale, on considère la perception elle-même, on s'aperçoit vite que le schéma précédent est tout à fait trompeur. L'œil, évidemment, comme on le sait depuis les Epicuriens antiques, ne *lance* aucun regard, ne *balaie* pas les objets extérieurs en les unifiant en une image, il ne ressemble pas au « canon à électrons » d'un appareil de télévision. La rétine, ou l'aire visuelle cérébrale, *reçoit* au contraire les ondes et photons. Et surtout la rétine, ou l'aire visuelle, ne ressemble pas à un écran matériel ; elle a déjà par elle-même, comme tout tissu vivant, cette unité formelle qui appartient à l'organisme, elle est « surface absolue », et non pas ensemble d'objets physiques disposés en surface. Il le faut bien du reste, pour que le *pattern* physique des ondes lumineuses ne reste pas une pure structuration physique et devienne une




Fig. 16

image consciente. Il est évidemment contradictoire de vouloir encore expliquer la sensation visuelle par un *scanning*, ou balayage cérébral, selon un schéma renouvelé de la mise en scène de la perception transportée à l'intérieur du crâne. Car alors il n'y aura aucune raison de s'arrêter. Il faut bien que l'ensemble *a b c* existe absolument dans l'aire visuelle comme une unité formelle qui n'a pas besoin d'un nouveau *scanning* pour se saisir elle-même. Cet « exister-ensemble-absolument » est donné à la sensation visuelle par le tissu vivant qui, lui, se définit ainsi primitive-



ment. Il est donc absurde d'expliquer l'existence par la perception, la forme par l'image, alors que c'est la perception, et l'image consciente, qui ne sont explicables que par le mode d'existence, comme forme absolue et primaire, de l'organisme. L'image perceptive, comme les caractères « à être vus », suppose la forme vivante et les caractères organiques primaires. C'est tout l'organisme qui est capable de « percevoir », c'est-à-dire de rendre conscient de lui-même, n'importe quel ensemble de stimuli extérieurs, parce que tout l'organisme est une surface ou un volume absolu, une forme existant par elle-même, qui n'a qu'à se prêter

Fig. 17

à cet *ensemble* pour le faire participer à son mode d'être une vraie forme. De même que n'importe quelle surface blanche, nappe, drap, serviette, ou mur, peut servir d'écran pour une projection de photo ou de film, n'importe quel tissu organique, en principe, au prix d'une adaptation technique secondaire, comme celle qui dispose la rétine ou l'oreille interne et les centres cérébraux correspondants en organes commodes de réception des ondes sonores ou lumineuses, peut devenir capable de perception, capable de se faire modeler par des stimuli extérieurs en les transformant en image consciente. Et si tout tissu organique est capable de percevoir, il est naturellement capable aussi

de se disposer de lui-même en spectacle à être vu. Contenant en lui l'équivalent d'un œil, il peut être offert à l'œil d'un autre organisme.

Si l'on a bien saisi ce point, on voit se dissiper le mystère des formes « allesthétiques ». Considérons un exemple précis de ce qui peut passer pour une des énigmes de la nature. Les plumes du faisan Argus servent à la parade sexuelle. Elles sont incontestablement des « organes-à-être-vus ». Pendant la parade, les ailes du mâle sont portées en avant, comme une grande cloche dirigée vers la femelle, le reste du corps étant caché. Les barbules de chaque plume composent un dessin complexe mais régulier, avec des bandes, des points et des ocelles, qui donnent l'impression de globes solides grâce à un dégradé des clairs et des foncés. Or, ce dessin est obtenu par la seule variation de la pigmentation le long de chaque barbule (1). Que le lecteur essaie — nous insistons pour qu'il fasse effectivement l'expérience — de dessiner un cercle directement, rien que par des traits parallèles ; il s'apercevra de l'extrême difficulté de l'opération. Et la difficulté est bien plus grande encore s'il veut donner, par un dégradé, l'impression du relief. Il faut que, d'une manière ou d'une autre, l'organisme ne travaille pas à l'aveugle quand il forme cet étonnant dessin, que la plume soit comme une rétine formatrice, analogue à une rétine réceptrice, en possession absolue de sa propre forme et capable ainsi de diriger la formation sans être obligée de prendre du recul, comme le peintre d'un décor de théâtre, se mettant de temps en temps à la place du spectateur futur pour juger de l'effet. Il faut que le thème du dessin existe absolument et domine les phénomènes chimiques qui

(1) Chez le papillon *Caligo*, des dessins à peu près semblables sont obtenus, sur la surface inférieure des ailes, par un procédé nécessairement tout différent, puisque la surface de l'aile est faite d'écailles imbriquées comme des tuiles sur un toit, et non de barbules accolées. De plus, chez le *Caligo*, les dessins sont tout à fait indépendants des nervures et, malgré la minceur de l'aile, ils sont tout à fait indépendants des décorations de la face supérieure où se produisent des effets complexes d'irisation.



le réalisent le long de chaque barbule, de la même façon que l'image rétinienne, dans la perception, existe absolument et domine les phénomènes chimiques qui se produisent dans chacune des cellules de la rétine. Formation du dessin sur la plume chez le mâle et perception du dessin chez la femelle sont au fond le même phénomène de « surface absolue », l'un se produisant sur une plume, l'autre sur une rétine ou son correspondant cortical. C'est la preuve que la plume, ou n'importe quel tissu vivant, ne diffère pas essentiellement d'une rétine ou d'un cortex, la preuve que tout organisme en développement est un champ de thèmes formels qui se réalisent, se dessinent en lui directement, qu'il est modulé par des thèmes formels, les aires sensorielles ayant simplement la propriété particulière d'être modulées par des structures déjà réalisées dans le monde extérieur par d'autres organismes ou d'autres complexes naturels.

### Formations directes et fabrications par l'œil et la main.

On retrouve, dans le problème des organes « à être vus » et dans le problème de la perception, exactement la même situation que nous avons définie à propos du comportement en tant qu'opposé au fonctionnement. Il est naïf, notions-nous, de croire expliquer *d'abord* la locomotion d'un homme comme un fonctionnement neuro-musculaire, et, *après cela*, de s'émerveiller qu'un protozoaire puisse improviser, pour sa locomotion, des pseudopodes qu'il forme directement avec son protoplasme, alors que la locomotion d'un homme qui avance une jambe après l'autre n'est elle-même que la manifestation du comportement primaire d'un réseau cellulaire dans ses centres nerveux, réseau analogue à une amibe ou à une colonie d'amibes.

Le tissu nerveux n'est après tout qu'un tissu organique comme les autres, il est sorti d'une partie d'embryon qui aurait pu fournir de l'épiderme banal. De même que toute cellule ou tout tissu est capable de comportement, toute cellule ou tout tissu est

capable de perception. La forme d'un protozoaire, aussi bien que la forme d'un embryon humain, ou d'un homme adulte dans la mesure où il n'est pas entièrement devenu machine fonctionnante, *se* comporte et *se* perçoit. Les perfectionnements des organismes supérieurs n'ont pas pour résultat de faire apparaître les propriétés de comportement, d'auto-conduction et d'auto-perception. Ces propriétés fondamentales appartiennent à tout ce qui est organisme, ou, si l'on préfère, vraie forme : unicellulaires, virus, molécules comprises. Ces perfectionnements ne consistent qu'à permettre un comportement et une perception qui soient mieux adaptés au monde extérieur, qui ne soient pas seulement auto-conduction ou auto-perception, mais conduction et perception *dans un milieu donné*, et cela grâce au procédé de la spécialisation d'une partie de l'organisme en organe de réception des stimuli externes, et de comportement selon ces stimuli, le reste du corps étant consacré, d'ailleurs jamais complètement, à la machinerie.

Chez l'homme, le cerveau concentre ainsi presque toutes les possibilités organiques de comportement et de perception. Chez l'homme, les spectacles, comme les outils, sont montés par l'intermédiaire des cellules cérébrales, et c'est encore par leur intermédiaire que les spectacles sont vus, et les outils dirigés. Les yeux, les jambes, les mains, comme organes fonctionnants, sont subordonnés au comportement primaire des neurones ou des réseaux de neurones qui les commandent. Un homme en train de se tatouer, si on le considère comme un organisme en action, n'est pas essentiellement différent d'un organisme en train de former des organes ornementaux. La seule différence est que, chez l'homme, le thème des ornementations apparaît d'abord comme idée d'ornementation dans les tissus cérébraux, avant d'être effectué par les mains et avec le contrôle des yeux, eux-mêmes contrôlés par d'autres zones du tissu cérébral, qui concentre ainsi l'activité d'ornementation, comme presque tous les autres comportements.

Mais chez les animaux, surtout inférieurs, chez les



végétaux, et aussi chez les embryons humains, cette spécialisation n'a pas lieu. C'est l'organisme dans son ensemble qui est offert aux thèmes de comportement ou aux thèmes formels utilitaires ou décoratifs, qui se jouent sur les tissus comme les ombres sur l'écran du cinéma, ou plutôt — car le tissu n'est pas récepteur passif — comme les traits et couleurs d'un tableau qui dirigerait lui-même, ou qui contrôlerait la peinture. Le tableau organique, étant non pas une surface physique, mais une surface absolue, contient en lui l'équivalent à la fois d'un œil et d'une main.

L'étonnement devant les organes décors, les « organes à être vus », se formant d'eux-mêmes sans œil et sans main, est l'étonnement, sinon devant un faux mystère, du moins devant un mystère artificiellement compliqué par une inversion arbitraire des faits. Nous ne pouvons nous empêcher de *partir* de la situation de l'homme qui peint, de ses mains, et en s'aidant du jugement de ses yeux, un décor de théâtre, c'est-à-dire du cas où le complexe spectacle-spectateur est encore compliqué par des circuits externes superposés. Comme si la situation de l'homme qui peint un décor ou qui aide sa femme à choisir une robe chez un couturier, était plus naturelle et plus simple que la situation de la faisane devant le faisan Argus en parade. En fait, c'est évidemment la situation humaine qui est la plus compliquée, et qui doit être expliquée par la situation du faisan Argus, qui elle-même doit être expliquée par la situation du protozoaire. Le couturier qui a fait ou dirigé la fabrication de la robe a dû la concevoir par un modèle d'abord produit par ses cellules nerveuses, qui elles-mêmes utilisaient les propriétés de surface absolue de tout tissu vivant. Une fabrication, qui paraît moins mystérieuse qu'une croissance organique, est pourtant une croissance en circuit externe, une croissance compliquée de relais nerveux et sociaux, de techniques organiques et extra-organiques. Il est curieux que l'on croie si universellement une fabrication moins mystérieuse qu'une formation organique, un outil humain moins mystérieux qu'un outil organique, alors qu'une fabrication suppose un organisme formateur de

circuits de fabrication, et utilisant pour cela les propriétés morphogénétiques de ses cellules nerveuses.

Ce qui fait l'illusion, c'est que l'œil, la main, le cerveau, la conscience visuelle, et la conscience motrice *étant donnés,* telle fabrication est claire pour l'artisan, ou pour le spéculatif qui se met par la pensée à la place de l'artisan. Mais le *phénomène total* de la fabrication est évidemment plus complexe qu'une croissance organique. Si l'on considère de même comme donné — nous voulons dire donné à lui-même, vécu par lui-même — le tissu organique et son caractère de surface absolue, la croissance ou la création organique est au moins d'un degré plus claire que la fabrication technique. C'est la propriété d'auto-conduction de la forme organique qui explique la fabrication, et qui est au fond de toute technique, de même que c'est la propriété, présente dans les unicellulaires et leurs colonies, de comportement locomoteur par déformation protoplasmique, qui est au fond de la locomotion d'un animal supérieur, ou même de la technique humaine des transports. C'est la propriété de surface absolue de tout être vivant qui est au fond de la perception par organes visuels distincts, ou même de la technique humaine du théâtre ou du cinéma.

On ne manquera pas d'accuser la philosophie qui explique la fabrication par la création organique, et la vision oculaire par la propriété organique de « surface absolue », d'expliquer *obscurum per obscurius*. On préférerait expliquer la création organique, la morphogénèse et la forme organique primaire par la fabrication, sans s'apercevoir que la fabrication suppose déjà une création organique dans les tissus nerveux du fabricant. C'est là une véritable aberration intellectuelle ou, qu'on nous permette de l'ajouter, une naïveté, tout à fait analogue à celle de l'enfant qui disait : « Je sais bien reconnaître les garçons et les filles, mais seulement s'ils sont habillés. »

Le passage est continu, du réseau protoplasmique au réseau cortical avec « rétine » et « main » corticale, puis du réseau cortical à l'œil, la main, l'outil, puis de l'œil, de la main et de l'outil à la machine et à l'usine. Les philosophies technicistes remontent à l'œil et à la



main, mais omettent souvent de remonter jusqu'aux réseaux organiques sur quoi pourtant tout repose.

Le comportement unifié et orienté de la main qui est au bout du bras d'un homme adulte repose sur le comportement de la « main corticale » de la zone motrice. L'œil humain, pour percevoir le spectacle, ne servirait à rien, sans la zone visuelle occipitale. La « main » et la « rétine » corticales, à leur tour, ne représentent qu'un cas particulier de la propriété d'auto-comportement et de surface absolue de tout tissu vivant. La « main » corticale, qui dirige les mouvements de la main organe se refermant sur le manche de l'outil, ne manifeste pas une autre propriété que la propriété du protoplasme de l'amibe, capable de se refermer sur une bactérie dont elle se sert comme nourriture, en utilisant et en faisant converger les propriétés énergétiques de ses protéines contractiles. La rétine corticale, et son auto-vision absolue, ne manifeste aussi, sous une forme spécialisée, qu'une propriété présente dans le protoplasme de la cellule et sans laquelle ce protoplasme n'aurait aucune consistance véritable et ne serait qu'une somme de processus chimiques.

Les complications successives de la technique organique et extra-organique ne sont certes pas sans effets morphologiques propres. La main et l'œil de l'homme, ses outils, ses machines et ses spectacles ont beau dépendre finalement des comportements « amibiens » de ses cellules cérébrales, ils sont capables d'aboutir à des formes que les comportements amibiens, livrés à eux-mêmes, sans montage secondaire de relais, n'auraient jamais pu créer. C'est précisément pourquoi, comme nous l'avons souligné, l'apparition de l'œil, capable de voir des formes et des couleurs extérieures, a été corrélative de l'apparition de formes « spectaculaires », ajoutées aux formes organiques propres et utilitaires. De même, beaucoup plus tardivement dans l'évolution, l'apparition de la main humaine et surtout de tout l'appareil symbolique humain commandé par le cerveau, a permis l'énorme morphogénèse des techniques et des cultures extra-

organiques, qui à leur tour exercent un effet récurrent d'une grande ampleur sur l'organisme et la conscience humaine qui les supportent. Mais il faut bien comprendre que la continuité n'en est pas moins parfaite, et que tout dépend du caractère de surface absolue des formes organiques.

## Chapitre XI

## FORMES I, FORMES II, FORMES III

La situation du biologiste devant un embryon est plus étrange encore que celle du physicien essayant de déchiffrer les secrets du monde physique. Une conclusion fréquente des livres de physiciens écrits pour le grand public, lorsque le physicien se laisse aller aux confidences, est celle-ci : « L'univers, malgré les progrès de la science et notre génie de chercheurs, reste plein de mystères. Mais le plus étonnant de tous les mystères est encore que nous soyons capables, nous qui faisons partie de cet univers, de nous interroger sur sa nature et de le comprendre en bonne partie. » Mais que dire alors de l'embryologiste ? Il a été lui-même, il y a peu d'années, exactement pareil à l'objet actuel de son étude. Il en est entièrement sorti. Quand il se penche sur un développemnt, on peut dire que deux organismes sont en présence, dont l'un, l'observant, est simplement à un stade de développement plus avancé que l'autre, l'observé. Quand l'embryologiste publie une observation sur un phénomène de développement, et qu'il fait suivre son nom de ses titres, académiques ou autres, il oublie le plus important en la circonstance, et qui est celui de « ex-embryon ». Est-il raisonnable, dès lors, de refuser toute conscience à l'embryon au stade « gastrula » ou « neurula » sous le prétexte qu'il n'apparaît que

comme un objet à l'organisme — l'embryologiste — qui l'observe ?

### L'EMBRYON ET L'EMBRYOLOGISTE.

Certes, l'embryologiste, *en d'autres termes, l'embryon devenu adulte* observe le jeune embryon étudié, alors que l'embryon n'observe pas le biologiste, et pour cause, puisqu'il n'a pas encore d'yeux et que son cerveau se réduit à une gouttière. Mais d'abord, cette supériorité du biologiste est toute passagère. Rien n'empêche l'embryon observé de devenir à son tour un biologiste éminent, ou un grand neurochirurgien, qui observera, avec un grand sentiment de supériorité, le cerveau devenu déficient de son ancien observateur. Et surtout, cette observation même a évidemment pour condition sous-jacente qu'un développement ait eu lieu, dans l'organisme de l'observateur, qui, de l'état d'œuf fécondé ou de « neurula », où il se trouvait lui-même trente ans auparavant, est passé à l'état d'organisme adulte, pourvu d'yeux et d'un système nerveux fonctionnel. La conscience scientifique du biologiste a évidemment pour condition la conscience ou la subjectivité formative de l'embryon qu'il a été. La forme de ses schémas scientifiques a pour condition la forme primaire de son propre organisme. Il serait absurde s'il refusait, à la forme de l'organisme qu'il étudie, ce « pour soi » absolu, qu'il utilise lui-même, en lui-même, pour la dessiner ou pour en parler.

Il n'y a rien de mythique à considérer la structure observée de l'embryon comme la manifestation spatiale d'une forme vraiment « pour soi », se possédant elle-même. Si l'on s'y refuse, c'est alors que l'on se condamne vraiment à une croyance mythique. Le biologiste qui s'obstine en effet à considérer l'embryon qu'il observe comme un pur ensemble de phénomènes dépourvus d'auto-conduction et de « subjectivité » consciente propre, se condamne à croire que sa propre conscience est apparue miraculeusement par une « animation » — octroyée par quel dieu, et à quel moment ? — qui a brusquement transfiguré une



collection de phénomènes chimiques en une conscience capable de méditer sur le rôle des phénomènes chimiques.

Acceptons donc sans arrière-pensée ce fait que l'embryon sait mieux et plus directement l'embryologie que l'embryologiste, que le foie connaît mieux son rôle et qu'il est plus compétent en hépatologie que Claude Bernard ou Cannon, que le cœur de Harvey a su assurer la circulation du sang avant que le cerveau de Harvey se soit avisé que le sang circulait. Acceptons de même le fait qu'un atome sait mieux la physique atomique que Bohr ou de Broglie.

Le mot « savoir » ne serait une métaphore que si on prétendait l'appliquer, soit à des phénomènes collectifs sans unité interne, soit aux machines qui ont été montées par le « savoir » d'un ingénieur, mais qui, en elles-mêmes, ne peuvent que fonctionner. Ce serait pure métaphore que de dire d'une balance qu'elle *sait* mieux distinguer les poids qu'un homme qui les soupèse à la main, que de dire de l'eau d'un lac qu'elle *sait* mieux trouver l'horizontalité que le peintre qui la représente. Ce serait pure métaphore aussi que de dire d'une machine à calculer à rouages ou à circuits électriques, qu'elle *sait* mieux calculer que le cerveau humain. Mais s'il s'agit d'êtres véritables, individualisés, qui prouvent leur qualité d'« êtres » par leur auto-subsistance, leur auto-conduction, leur capacité de régulation, qui se comportent et qui ne fonctionnent pas, le mot « savoir » n'est pas une métaphore. Ou du moins, il ne serait une métaphore que si l'on imaginait ce savoir sur le mode d'une conscience ou d'une forme *seconde,* impliquant perception et schématisation, reflétant et se représentant des objets extérieurs à elle-même. Ce « savoir » est primaire, comme le savoir inhérent à une activité parfaitement maîtrisée, qui se déroule avec une parfaite précision, sans avoir besoin d'images auxiliaires.

### FORMES I, II, ET III, ET FORMES-ZÉRO.

Il est commode de désigner ces deux genres de formes comme forme I et forme II. Mais il doit être bien

entendu que l'une, comme l'autre, est « pour soi », ou « consciente », et que la forme II n'est qu'un cas très particulier de forme I, celui où la forme I s'est disposée en organes de réception d'un *pattern* extérieur, ou en organes de commande selon un schéma moteur agissant sur des relais auxiliaires. Cette disposition particulière entraîne, corrélativement, que la conscience devient conscience perceptive ou schématisante, et que le « pour soi » de la forme devient « conscience d'objet » et semble prêter son « pour soi » à des êtres extérieurs qui se reflètent sur elle et y deviennent des « images conscientes », au point que des philosophes comme Berkeley, ou les néo-réalistes, s'y trompent, et vont s'imaginer que tout l'être de ces objets ne tient qu'à leur statut d'image.

D'autre part, la forme II, dans l'espèce humaine exclusivement, a produit un troisième type de forme, la forme III, grâce à la technique du langage et du symbolisme. La forme III apparaît quand la perception utilitaire qui, chez les animaux, et chez les hommes en tant qu'ils mènent une vie animale, ne sert que de signal ou d'indice pour la vie instinctive, change de rôle, et quand le signal devient symbole, maniable par lui-même, et détachable de tout contexte d'utilité vitale ou immédiate. Ce passage à la forme III, au plan symbolique, comme l'ont montré Cassirer et S. Langer, a lieu, pour l'humanité, dans tous les domaines. Les gestes vocaux, de purs signaux qu'ils étaient primitivement, deviennent des mots permettant de combiner des idées inactuelles, de raconter, de forger des fictions, d'expliquer, d'analyser, de spéculer, et de jouer ; les gestes émotionnels, au lieu de ne servir que de signaux pour les congénères, deviennent des gestes rituels, à signification intemporelle, ce qui est l'origine des actes religieux et de la mythologie. L'expressivité des formes perçues est détachée de la situation vitale, ce qui permet le jeu artistique et la création gratuite des formes esthétiques, qui ne servent plus seulement, comme les « organes à être vus » des animaux, les besoins de la sexualité ou de la stimulation sociale, ou qui n'expriment pas seulement, comme on le croit souvent à tort, l'émotion



actuelle de l'artiste, mais qui vivent de leur vie propre et se développent comme par elles-mêmes, bien qu'elles soient naturellement toujours rattachées à des perceptions possibles, c'est-à-dire à la forme II, elle-même toujours rattachée à la forme I de l'organisme.

Il peut être utile enfin de désigner comme *formes-zéro,* toutes les pseudo-formes, qui ne sont que des amas, ou des équilibres, ou des agencements de proche en proche, qui n'ont de réalité que celle de leurs constituants.

### Types de formes, types de conscience, et types d'espace.

Si l'on considère les trois types de formes vraies, qui dérivent l'un de l'autre, on saisit mieux ce caractère de toute morphogénèse d'être une conquête de l'espace et du temps, une conquête et aussi une création. Déjà, nous l'avons vu, la forme I qu'est l'atome ou la molécule est, non une structure, mais une activité structurante, une action « pour bien remplir l'espace », selon l'expression de Bachelard (1), ou encore, pourrait-on dire, puisque l'espace ne préexiste pas comme un récipient, une action pour constituer un domaine d'espace. Les molécules géantes et les virus constituent des domaines plus étendus, mais de même sorte. La technique organique des membranes et des tuyaux permet une conquête nouvelle. Elle permet l'annexion, par la forme I, de formes-zéro, transformées, par canalisation et enchaînements imposés, en machines organiques. Les systèmes nerveux à la fois « machines » et « domaines », permettent, par leurs réseaux modulables, à intégration instable, l'apparition de formes II, de formes dites « perçues », par lesquelles l'étendue semble étalée devant un sujet qui entre ainsi en possession d'un *Umwelt*. Le « sujet », ou « la conscience percevante », semble alors détaché de l'étendue et de la durée, comme une sorte de point de vue, alors qu'il est la réalité même et l'absolu de la forme étendue et

(1) G. Bachelard, *Le matérialisme rationnel,* p. 146.

temporelle. La conscience semble opposée à la forme, alors que les deux mots sont synonymes et interchangeables, et que la conscience n'est, comme la forme, que l'espace et le temps constitués.

### Solidarité des formes I, II, et III.

Les trois types de formes sont bien distincts. Il a existé des états de l'univers où il n'y avait aucune forme III, et il a existé des états de l'univers où il n'y avait aucune forme II, quand aucun organisme n'avait encore édifié d'organes sensoriels. Il a toujours existé, par contre, des formes I, tout au moins depuis que l'univers existe, puisque la forme-zéro n'est qu'une multiplicité bord à bord de formes I.

Il faut bien comprendre que la forme I est fondamentale, et que les formes II et III seraient inconcevables si elles ne s'appuyaient sur la forme I, dont elles ne sont que des cas particuliers. Les trois types sont distincts, mais chacun est solidaire du précédent. La solidarité des trois types de formes est apparente dans une foule de phénomènes. Laissons même de côté le fait évident que les formes créées par la culture humaine, tout en obéissant à des normes non biologiques, supposent l'organisme humain et la conscience psychologique. Toute forme II laisse transparaître la forme I qui la supporte. Ce sont probablement les psychologues qui, les premiers, s'en sont aperçu. La vie psychologique est incompréhensible si, comme prétendaient le faire les associationnistes du XVIII[e] et XIX[e] siècle, on la coupe de la vie biologique, ou si on la réduit à des sensations et images isolées, défilant sur on ne sait quel écran et se donnant en spectacle à on ne sait qui, s'attirant et s'agglutinant dans une conscience-récipient. La vie psychique est forme I autant que forme II. Il y a une pensée sans images, un savoir sans images, des tendances et des thèmes qui dirigent le jeu superficiel de la conscience II. L'école de Würtzburg, la psychologie des troubles du langage inspirée du « verticalisme » de Jackson, la psychanalyse, s'accordent au fond dans leurs thèses fondamentales.



Ce que les psychologues appellent l'inconscient dynamique, c'est la forme, le thématisme, la conscience primaire de l'organisme transparaissant dans la conscience seconde. Si l'on reprend les thèses de la philosophie romantique allemande qui déclarent l'inconscient plus vieux que le conscient, qui y voient la donnée primitive sur laquelle la conscience s'élève secondairement, on s'aperçoit combien aisément on peut les transposer en langage, mieux approprié, de forme primaire et de forme seconde. Les cybernéticiens et les neurologues mécanistes qui mettent leur ambition à faire des « modèles mécaniques de la conscience », ne se rendent pas compte qu'avant de faire un modèle mécanique de la conscience, il faudrait d'abord faire, si c'était possible, un « modèle mécanique de l'inconscient ».

Les biologistes de leur côté constatent de mille manières la même continuité. Rappelons seulement les cas innombrables où la morphologie et la physiologie d'une part, et d'autre part le comportement à base de perception — bref, le comportement I et le comportement II, les circuits internes et les circuits externes à base de perception — sont visiblement en continuité, et les cas non moins nombreux où ils peuvent se substituer l'un à l'autre, le comportement à base de perception aboutissant au même résultat que le comportement directement formatif. La sexualité, par exemple, implique à la fois des formations anatomiques, des instincts organiques, et des instincts psychiques. Et il est remarquable que les mêmes hormones interviennent précocement dans la commande génétique ou le virage du sexe anatomique, et dans la stimulation tardive des instincts chez l'adulte, où ils se conjugent avec des schémas psychiques de perception et de comportement. Organes, et outils contrôlés par la perception, se substituent l'un l'autre.

David Lack en a donné récemment un bel exemple dans son étude sur les pinsons des îles Galapagos (*Darwin's Finches*).

Ces oiseaux avaient déjà frappé Darwin. Ils dérivent certainement d'une espèce continentale. Ils forment aujour-

d'hui quatre genres distincts et quatorze espèces séparées, qui sont ou insectivores, ou omnivores, ou mangeurs de feuilles et de bourgeons. Une espèce chasse des insectes dans les crevasses, à la manière des pics. Toutes les espèces ont modifié la forme de leur bec selon leur mode d'alimentation. Mais le type « pic », aux lieu et place d'une modification morphologique, a développé un comportement instinctif : il utilise une épine de cactus tenue dans le bec pour chasser les insectes au fond des crevasses (1).

La protection des jeunes dans les diverses espèces — sans parler de l'espèce humaine — est obtenue, comme indifféremment, par des dispositifs organiques, soit chez les parents, soit chez les jeunes, ou par des constructions instinctives ou par des comportements protecteurs dirigés par la perception, ou par des demandes instinctives de protection, ou par des combinaisons de tout cela.

Comme on peut s'y attendre, c'est surtout dans le domaine des formes et colorations soit mimétiques, soit de parade, que l'on trouve les plus beaux exemples de la solidarité des formes organiques et des comportements à base de perception. Des chenilles par exemple, prennent une position correspondant à leur coloration, ventre ou dos en l'air, suivant qu'elles ont le dos ou le ventre de couleur claire ; transversalement ou longitudinalement relativement aux aiguilles de pin, suivant qu'elles ont des bandes longitudinales ou transversales (2).

D'une manière plus générale, les phénomènes perceptifs, parce qu'ils sortent des phénomènes morphologiques, *peuvent toujours être réutilisés dans le circuit des phénomènes morphologiques.* Beaucoup de jeunes — bébés humains compris — ne prospèrent, et même ne survivent, que si on les caresse. La ponte des oiseaux est régulée par la perception des œufs déjà pondus. Les stimuli-perceptifs de l'instinct sexuel, dont le seuil d'efficacité dépend de l'état organique primaire, influencent à leur tour l'état organique primaire. On peut être « érotisé » par les yeux aussi bien que par une hormone. La perception a un rôle « nutritif » aussi bien que « signalétique ». « Les follicules ovariens de l'étourneau femelle, isolée des mâles, ne dépassent pas un diamètre de trois millimètres. La présence d'un mâle dans une cage voisine leur fait atteindre cinq millimètres, et lorsque la femelle est placée directement au contact du mâle et près du nid, ils atteignent dix millimètres. Et cette action adjuvante du psychisme existe dans de nombreuses autres espèces » (1).

(1) Cf. A.J. CAIN, *Animal species*, p. 154.
(2) TINBERGEN, *Étude de l'instinct*, p. 230.



### STIMULI I ET STIMULI II.

Il est nécessaire ici, non de corriger, mais de préciser ce que nous avons dit plus haut des stimuli-signaux. Les causes de type classique, par poussée bord à bord, avons-nous vu, ne sont à l'œuvre, dans un organisme, que dans la mesure où l'organisme s'est transformé en pure machine. Ces « causes » ne concernent que des formes-zéro. Quant aux signes, ils concernent l'homme comme créateur de langage et de culture, c'est-à-dire de formes III. Les vrais « efficaces » organiques sont les stimuli-signaux. Mais la notion de signal ne s'applique, au sens propre, qu'aux cas où il y a perception, c'est-à-dire aux formes II. Pourtant, faute de pouvoir tout dire à la fois, nous avons provisoirement considéré ensemble, à ce point de vue, formes I et formes II, en admettant que les « efficaces », pour les unes comme pour les autres, étaient des stimuli, non des causes, et même des stimuli-signaux. Le mot « signal » est évidemment à demi métaphorique, s'il s'agit d'action sur des organismes ou sur des tissus non pourvus d'organes sensoriels. Un signal, pour être signal, doit être perçu. Comme le souligne Buytenjick, il est difficile de parler de signal quand il s'agit, par exemple, de l'action d'une hormone végétale.

Cependant, l'étroite solidarité des formes I et II, de la conscience primaire et de la conscience perceptive, justifie en bonne partie la confusion. Un stimulus, ou un signal hormonal, n'est pas un signal perçu, mais la différence n'est pas essentielle, comme le prouvent déjà un grand nombre de phénomènes intermédiaires, où l'on ne sait trop s'il faut parler de perception ou d'action plus directe. Lorsque le développement des gonades d'un oiseau est stimulé par la vue du partenaire sexuel, il s'agit incontestablement de stimuli-signaux perçus. Lorsqu'il est stimulé par la lumière

(1) BENOIT, *L'instinct*, Masson, 1956.

en général, il est déjà difficile de savoir si la lumière agit en tant que perçue, ou si elle détermine plus directement une modification tissulaire par l'intermédiaire de la production d'une hormone. Il semble que la lumière puisse agir d'une manière directement neuro-humorale, sans qu'une vision psychologique soit nécessaire. La lumière chez les oiseaux stimule la rétine et les tissus interposés jusqu'à l'hypothalamus et l'hypophyse, car si, dans des expériences vérificatrices, on éclaire directement l'hypophyse au moyen d'une baguette de quartz, la stimulation de la glande, et, par son intermédiaire, des gonades, est obtenue aussi bien que si la lumière était passée par la rétine (1). De même, nous l'avons vu, dans les sociétés d'insectes, les régulations bio-sociales sont l'œuvre aussi bien des « signaux » hormonaux (échange de salive), que de signaux proprement dits, perceptifs (contact d'antennes). Ces faits transitionnels sont interprétables si l'on considère l'organisme comme forme I et comme domaine de conscience primaire. L'hormone, ou l'inducteur stimulus, exerce sur le tissu concerné une action chimique. Elle n'apporte pas une *information* à proprement parler ; elle *dé-forme* ou *trans-forme* d'une certaine manière le tissu. Si ce dernier était une simple machine, ou un agencement de proche en proche, bref, une forme-zéro, l'action chimique resterait un pur effet, localisé. Mais l'organisme étant forme absolue avec auto-possession spatio-temporelle, la *trans-formation* est donnée à elle-même, elle est subjectivité et conscience primaire aussi bien que la forme primitive trans-formée.

Les modes d'action des hormones ou des inducteurs sont probablement très variés. Beaucoup ont un rôle direct dans le métabolisme : l'hormone thyroïdienne semble nécessaire à la respiration cellulaire, et son absence arrête la croissance. L'auxine, d'après Thimann, est utilisée dans de nombreux cycles de réactions qui conduisent à la synthèse de nouveau protoplasme. Beaucoup d'hormones agissent par des effets de catalyse. D'autres sont inhibitrices, ou

(1) Benoit, *loc. cit.*, pp. 27-28.



agissent sur des ferments eux-mêmes catalyseurs ou inhibiteurs.

Mais, sous cette variété de modes, il y a toujours le même fait d'une transformation présente à elle-même, qui évoque alors un thème morphologique différent du thème inhérent à la forme non transformée. Un stimulus-signal perceptif, en transformant la conscience seconde — ou l'aire nerveuse correspondant à cette conscience — la rend, de même, capable d'une évocation nouvelle. L'animal qui voit une parade sexuelle est sexuellement excité. La perception proprement dite n'est qu'un cas particulier d'action d'un stimulus transformateur et évocateur. Un stimulus sensoriel est semblable à une hormone, qui agirait, par un *pattern* macroscopique sur un réseau nerveux, au lieu d'agir par sa forme chimique sur un tissu organique ordinaire.

Dans l'exposé, on est naturellement obligé d'appliquer maladroitement des expressions empruntées à l'expérience des stimuli perçus, pour désigner d'une façon semi-métaphorique, la « sensibilité » du tissu réceptif. Par suite, on est tenté de croire que si le tissu, « sensible » à l'action du stimulus, ne le « perçoit » pourtant pas, il faut donc supposer d'abord une propriété mystérieuse de « sensibilité », puis une nouvelle propriété pour expliquer la perception proprement dite. Mais tout s'éclaire si l'on comprend bien — ici comme dans tout le reste du domaine de la vie et du comportement — que tout ce qui concerne la forme I précède et explique tout ce qui concerne la forme II. La « sensibilité » aux stimuli des tissus non nerveux n'est pas, comme le pense Cabanis, une sorte de propriété mystérieuse ajoutée, un peu comme le *Nous* d'Anaxagore, à la présence matérielle du tissu, c'est la forme même du tissu, comme « forme absolue », donnée à elle-même (1). La perception proprement dite, le stimulus-signal II, n'est pas essentiellement différente du stimulus I. Simplement, une

(1) M. Maurice Vernet a repris une thèse apparentée à celle de Cabanis, mais sous une forme beaucoup plus subtile. (*La sensibilité organique*, Flammarion).

partie de l'organisme, s'étant agencée en un réseau ou en un écran modulable, le stimulus peut apporter alors une trans-formation qui est une in-formation selon une structure extérieure. *La conscience II de l'information dérive directement de la conscience I de la transformation.*

La lumière, dans la sensation optique, agit d'abord par action chimique sur le pourpre rétinien et sur d'autres substances. Les stimuli des odeurs et saveurs produisent certainement d'abord des effets chimiques. Mais l'essentiel n'est pas dans le mode particulier de ces effets directs, qui sont souvent des commencements de destruction, ou des lésions réversibles. L'essentiel est qu'ils aient lieu en une forme vraie, non en une forme-zéro, et que, par suite, ils se possèdent aux-mêmes selon leur structure, qui devient ainsi une structure perçue. Les stimuli visuels sont macro-structurés, à la différence des stimuli olfactifs, où la forme de la molécule agit seule selon des effets préalables de clés sur les cellules réceptrices, ce qui les rapproche — ou les éloigne moins — du cas des stimuli I. C'est probablement pour cette raison que les odeurs sont très souvent analogues dans leur mode d'action à des hormones ou à des inducteurs, dont elles prolongent l'action dans le domaine du comportement. Les odeurs ont, chez beaucoup d'animaux, un rôle d'ajustement sexuel, comme les parades, mais selon un mode d'action qui rappelle beaucoup plus celui des hormones sexuelles. Et bien plus, les odeurs à rôle sexuel sont souvent parentes chimiquement des hormones sexuelles.

### Le territoire et le domaine vital.

La solidarité étroite de la forme I et de la forme II se révèle encore dans un ensemble de phénomènes qui a été, depuis von Uxkull, beaucoup étudié : l'organisme est toujours en rapports étroits avec un domaine vital dont la forme est presque aussi typique que celle de l'animal qui l'organise comme gîte, comme terrier, comme terrain de chasse ou de refuge. Hédiger a décrit comme *Système d'espace-temps* (*Raum-Zeit System*) (1), cette organisation externe du domaine vital. Un animal n'utilise généralement pas tout l'espace objectif qu'il semble avoir à sa disposition ; il découpe dans cet espace objectif (*Umgebung*), un espace subjectif (*Umwelt*), et aussi un temps subjectif, bref un système qui se compose de tout ce qui est significatif pour l'animal, et qui est organisé par lui ou par le groupe auquel il appartient.



Un domaine vital n'est pas homogène ; il est différencié, il comporte généralement des points fixes, dont le plus important est l'abri, le gîte principal, complété souvent par des abris secondaires, des points ou zones de ravitaillement, de baignade, de parade, d'excrétion, des points de repère, etc. Ces points fixes sont unis par un réseau de lignes de communication, de « passées », dont la largeur, les sinuosités, sont souvent très caractéristiques de l'animal. Enfin, l'animal fait des marquages sur son territoire, par grattage ou sécrétion organique : urine, excréments, ou parfois produits de glandes spécialisées, comme la glande antéorbitale de l'antilope. D'autre part, l'animal a des rythmes d'activité, des rythmes temporels d'utilisation de son espace.

La constitution de tels territoires suppose naturellement presque toujours, surtout chez les animaux supérieurs, une conscience perceptive et un comportement réglé sur des objets. Mais la morphogénèse externe du domaine vital n'en est pas moins rattachée comme directement à la morphologie organique, la conscience perceptive ne servant qu'aux ajustements secondaires. Un terrier, par exemple, suppose des organes aptes à creuser ; le marquage suppose des sécrétions spécialisées, ou une disposition spéciale des organes d'excrétion utilisés pour le marquage (2). Les rythmes temporels d'activité dépendent encore plus clairement du temps physiologique spécifique. Comme l'ont suggéré Lambert et Teissier, des homologies existent, entre les animaux, dans le temps aussi bien

(1) Cf. *Observations sur la psychologie animale* (Bruxelles) et *Les animaux sauvages en captivité* (Payot).

(2) Comme chez l'hippopotame mâle. (Cf. Bourlière, *Vie et mœurs des mammifères*, p. 78).

que dans l'espace. Le rythme métabolique, le temps de gestation, la longévité, commandent le rythme de comportement, comme les formes anatomiques commandent la structuration du domaine. Le temps de la souris est dans le même rapport au temps de l'éléphant que la taille de la souris à la taille de l'éléphant. Ou plutôt, il faut parler, précisément comme Hédiger, d'un *Système d'espace-temps* valable à la fois pour l'organisme et pour le domaine vital de chaque espèce. On peut même aller plus loin, et considérer ce système comme un véritable champ biologique ou, selon l'expression que suggère Hédiger, comme un « plan actif » bref, comme un thème morpho-génétique commandant à la fois l'organique et l'extra-organique, les circuits internes et les circuits externes, le biotope et le psychotope, ce qui est à l'intérieur et ce qui est à l'extérieur de la peau (1). Un poussin est fait — ou se fait — pour respirer, assimiler, se reproduire, mais aussi pour picorer sur le terrain extérieur : le « Savoir ce qu'est son *Umwelt* » ne fait qu'un avec le « Savoir ce qu'est son organisme ». Le mouvement organique inclut le milieu. L'*Umwelt* est à l'état de thème subordonné dans la forme organique, avant d'être différencié en forme extra-organique distincte, comme territoire.

La forme extra-organique est souvent homologue de la forme même du corps, comme si le même thème formel était simplement projeté sur un écran plus vaste. C'est le cas des coquilles de mollusques, la projection inverse de la forme extra-organique sur la forme organique pouvant même exceptionnellement se produire, comme dans le cas du Bernard l'ermite. C'est le cas aussi des danses indicatrices des abeilles, qui transposent en un *Système d'espace-temps* réduit, presque intra-organique, ou confronté à la forme et au rythme organiques, ou en tout cas intra-social, le long parcours dans le territoire de nutrition. C'est le cas enfin de l'araignée et de sa toile, dont l'étude a été renouvelée récemment par H.M. Peters. La toile de l'araignée constitue une sorte de « territoire », au sens

(1) HÉDIGER, *Instinkt und Territorium* (*L'instinct*, Masson, 1956), p. 11.



de Hédiger, avec abri central, lignes de communications produites par l'animal et matérialisant ses rythmes et instincts organiques. L'araignée « Porte-croix », si l'on évoque ses pattes étendues, forme une ellipse de même forme que le contour elliptique de sa toile ; le point central de la toile est le nid de l'araignée, le point central de l'araignée est l'ornement qui lui a donné son nom. Quand on ampute l'araignée d'une patte, cette amputation se répercute sur la forme de la toile : les angles des fils radiaux sont changés corrélativement.

Les interprétations behaviouristes étroites, qui veulent tout expliquer par enchaînements de réflexes (1), laissent échapper l'essentiel. Dans la structuration d'un territoire, le comportement dans sa totalité domine les indices perceptifs qui le guident. Il n'est pas fait d'une somme d'obéissances automatiques à des stimuli perçus.

Et la preuve en est que *l'animal fabrique lui-même les repères sensoriels* qui lui serviront. Les marquages opérés par les mammifères au moyen de produits de glandes, ou par l'urine, ont un caractère évident de signaux « volontaires ». L'urine surtout joue le rôle d'une véritable odeur-hormone ou d'un inducteur pour la forme extra-organique du territoire. Ce qui confirme ainsi l'interprétation des inducteurs embryologiques comme « signaux organiques » subordonnés à un plan total. Une partie de l'embryon *va porter*, elle aussi, un signal chimique à une autre partie. En marquant son territoire, l'animal à la fois le différencie comme un tissu en formation, et l'individualise, en « inhibant » la formation d'un territoire étranger qui empièterait sur son domaine. En outre, il l'individualise dans le temps, en permettant la continuité du passé au futur, de ce qu'il reconnaît comme sien. On peut faire, sur un territoire, des expériences analogues à celles de l'embryologie expérimentale. Un marquage artificiel, par exemple, peut produire une sorte d'« induction secondaire ». Et inversement, on peut interpréter beaucoup d'expériences d'embryologie à la lumière des connaissances acquises sur les territoires. Les

(1) Cf. Tilquin, Rabaud.

embryons secondaires, par exemple, dans les expériences de Spemann, peuvent être considérés comme produits par un « faux marquage ». Dans ses célèbres expériences, P.N. Witt, en faisant absorber à l'araignée *Zilla x notata*, des substances neurotropes, perturbe l'organisation externe, la toile, de la même façon que l'embryologiste, en intoxiquant l'embryon à des moments définis, perturbe l'organisation interne. Certaines de ces perturbations, lorsque la toile, par exemple, est plus régulière que la normale et aussi moins adaptée au milieu, semblent tenir à une sorte de mise à nu du thème formatif, coupé des indices sensoriels.

## Chapitre XII

# PHILOSOPHIE DE LA MORPHOGÉNÈSE

S'il est permis de comparer à une recherche policière l'effort pour cerner et traquer le mystère de la morphogénèse, on peut résumer ainsi la suite de l'enquête.

Ce qui apparaît tout de suite très clairement, c'est l'insuffisance de la notion, empruntée à la physique mécaniste, de fonctionnement. Que la morphogénèse ne soit pas réductible à un fonctionnement, à la mise en mouvement d'une structure d'abord donnée dans l'espace, ce point peut être prouvé par une foule d'arguments logiques et expérimentaux.

### Impossibilité des pré-formes spatiales.

Logiquement, c'est méconnaître la position même du problème que de ramener une formation, c'est-à-dire *l'apparition* d'une structure, à *la mise en marche* d'une structure déjà donnée. Un fonctionnement ne peut aboutir qu'à l'usure de ce qui fonctionne.

Expérimentalement, la théorie de la préformation, qui est la forme biologique de la théorie du fonctionnement, est condamnée de toutes les manières. On peut se tourner de tous les côtés pour chercher dans l'espace, au début d'un développement, un endroit où pourraient se cacher les pré-formes dont le fonction-

nement expliquerait les formes adultes, on ne trouvera rien. Les pré-formes ne sont pas dans les chromosomes et les gènes. En effet, les gènes sont distribués également à toutes les cellules en division de développement. Admettons que les gènes puissent rendre compte à la rigueur de ce que Woodger (1) appelle « la caractérisation », c'est-à-dire du caractère spécifique, du fait qu'une patte, une queue, un foie de chien n'est pas une patte, une queue, un foie de chat. Ils ne peuvent alors rendre compte de « l'organisation » c'est-à-dire du fait que telles cellules de l'embryon deviendront foie, ou queue, plutôt que patte. C'est particulièrement clair pour les deux, ou quatre, ou huit premières cellules résultant des premières divisions de l'œuf. La division du noyau a été certainement égale, puisque, éventuellement, chacune des deux, ou quatre premières cellules, donnera un individu complet. Ce n'est donc pas le noyau avec ses gènes qui explique les différences d'organisation de la moitié droite et de la moitié gauche de l'organisme, ou du dos et du ventre, ou de la tête et de la queue. D'ailleurs, les expériences de greffe montrent que la destinée d'un groupe de cellules peut être changée presque à volonté. Ce qui serait devenu patte devient queue, et inversement. La génétique ne peut donc expliquer l'embryogénèse.

Admettons alors que les pré-formes de l'organisation sont dans le protoplasme. Dans beaucoup d'œufs, le protoplasme présente des différences régionales visibles au départ. On y discerne l'amorce de la symétrie bilatérale, du dos et du ventre, de la tête et de la queue. Mais les objections contre des pré-formes dans le noyau valent aussi contre des pré-formes dans le protoplasme. Les expériences de greffe échangent aussi bien les protoplasmes que les noyaux cellulaires, et pourtant, le développement est normal ou normalisé. Les différences visibles du protoplasme ne semblent dues, en général, qu'à la présence de réserves nutritives. En les déplaçant par centrifugation, on ne modifie pas toujours, il s'en faut bien, le développement. Invoquera-t-on alors des différences chimiques invisibles ? Dans les œufs dont le développement se fait « en mosaïque », une hétérogénéité chimique des parties de l'œuf est en effet très précoce. Mais, dans les développements à régulation, une certaine homogénéité chimique est conservée jusqu'à la gastrulation (1). Or, le développement à régulation est, nous l'avons vu, le cas fondamental, le développement en mosaïque signifiant simplement une détermination précoce. Si l'hétérogénéité chimique est déjà le signe d'une détermination, c'est-à-dire de l'établissement d'un déroulement formatif, comment pourrait-elle en être la cause ?

(1) *Biological principles*, p. 349.



On tombe dans d'extraordinaires difficultés si on localise dans le protoplasme les pré-formes de l'« organisation », et dans le noyau et les gènes, les pré-formes de la « caractérisation ». En effet, au cours de l'évolution, les traits même les plus généraux et fondamentaux de l'organisation, ceux qui, aujourd'hui, sont des caractères de classe ou d'ordre, ont dû apparaître d'abord, selon le néo-darwinisme, comme mutations dans une espèce. A ce moment, d'après l'hypothèse, ils ont dû dépendre de facteurs ou préformes dans les chromosomes. Mais aujourd'hui, comme caractères de classe ou d'ordre, ils doivent, toujours d'après l'hypothèse, dépendre de pré-formes dans le protoplasme. Or, peut-on même essayer d'imaginer comment ces pré-formes ont pu être transférées du noyau au protoplasme ? L'organisation placentaire, les glandes mammaires, les instincts de nutrition lactée des mammifères ont dû apparaître comme mutations génétiques. Comment ces mutations sont-elles devenues des traits fondamentaux de leur organisation et de leur embryogénèse ?

### Insuffisance de l'épigénèse relationnelle.

Puisqu'il n'y a pas de pré-formes dans l'espace, il ne reste plus, semble-t-il, qu'à admettre une sorte d'épigénèse par les relations spatiales elles-mêmes.

(1) Cf. J. Needham, *Biochemistry and morphogenesis*, p. 139.

L'augmentation de complexité des structures, dans la formation, s'expliquerait par les relations externes ou internes de l'œuf en développement, relations avec le milieu d'abord, puis, après les premières divisions, relations des cellules entre elles. C'est la solution à laquelle s'arrête Woodger (1). Une multiplication pure n'est pas, par elle-même, progrès de complexité. Mais une pluralité unifiée d'objets représente un niveau d'organisation supérieur à celle de chacun des objets composants. Une forêt peut naître d'un seul arbre, et pourtant, la forêt représente un niveau d'organisation supérieur, en ce sens que, par exemple, les arbres de lisière auront des branches feuillues jusqu'au sol, alors que les arbres du centre n'auront de feuilles qu'au sommet. Une fleur composée ne serait ainsi qu'une sorte de « forêt » de fleurs simples, devenues différentes selon leur situation dans le tout.

Cette explication « relationnelle » ou « sociale » de la morphogénèse, tentée également aujourd'hui par Dupréel (2), et apparentée aux conceptions gestaltistes, n'a qu'une portée réduite. Nous avons montré que la situation, ou le rôle primaire des composants organiques dans le tout, n'agit que comme stimulus évocateur d'une compétence, non comme cause suffisante. C'est déjà le cas pour la pousse des feuilles dans les arbres d'une forêt, et, à plus forte raison, pour la différenciation des fleurs composées. A plus forte raison encore pour la différenciation des cellules d'un animal. Si la conception relationnelle était vraie, le greffon, dans les expériences de transplantation, devrait toujours se comporter « localement », et jamais « originellement ». La détermination du tissu dépend souvent d'une manière indirecte de sa place et de ses relations avec un autre tissu. Si par exemple, on provoque une gastrulation vers l'extérieur, la différenciation neurale, faute de bonnes relations spatiales, ne se produit pas, et tout le développement s'arrête. Mais il ne serait pas sérieux de voir là une preuve en faveur de la théorie « relationnelle ». Ou

(1) *Biological principles*, p. 351.
(2) Cf. *La pragmatologie* (Bruxelles).



alors autant dire que la peinture d'un tableau s'explique par la mise en relation spatiale d'un peintre et d'une toile. La théorie relationnelle n'explique pas le caractère *typique* des organismes, qui gardent la forme spécifique *malgré* le milieu et souvent malgré le bouleversement accidentel des relations internes.

Les phénomènes « sociaux » sont réels et très importants dans tout le domaine biologique, mais la « socialité » organique ne se réduit pas à une « vicinité » simplement spatiale, suivie d'effets mécaniquement relationnels. Cette conception n'est qu'une forme camouflée de retour à une théorie du développement-fonctionnement.

L'effort des biologistes pour s'en tenir à l'idée de fonctionnement est d'autant plus injustifiable qu'elle est depuis plusieurs décades abandonnée par les physiciens et les chimistes. Ce que l'on a en effet appelé la crise du déterminisme est en fait la crise, ou plutôt l'abandon sans retour, de la conception des phénomènes physico-chimiques, comme structures *d'abord données dans l'espace, puis mises en mouvement*, et fonctionnant selon des liaisons *toutes faites*. Un atome est déjà par lui-même un processus, une action formatrice, ce n'est pas une structure fonctionnante. La morphogénèse d'un animal, si compliquée qu'elle soit, prend cependant la suite de la « morphogénèse » atomique et moléculaire, ainsi que le prouve l'existence de ces molécules vivantes que sont les virus. Et la morphogénèse d'un animal révèle en traits grossissants ce qui, dans la « morphogénèse » d'un atome, dépasse déjà le fonctionnement. Il y a aujourd'hui, entre physiciens et biologistes, un véritable jeu de cache-cache. Les biologistes continuent à n'utiliser qu'une chimie dépassée ; les physiciens, qui, en général, se font les idées les plus fausses de la génétique, ignorent que l'embryogénèse est une *formation* active.

### Formation et conscience.

Reprenons la suite de l'enquête. L'insuffisance du fonctionnement reconnue, il faut donc chercher le

facteur positif de la morphogénèse. Ce facteur apparaît, *en première approximation,* comme complémentaire du fonctionnement, et il prend des aspects variés. On peut le décrire comme « thématisme vertical », « auto-conduction et auto-contrôle », « comportement unitaire », « action selon une surface absolue », « équipotentialité », « mélodie mnémique », « compétence à réagir sur un simple signal », etc. Sous tous ces aspects, le facteur en cause représente essentiellement une improvisation et une *création* de liaisons, par contraste avec le simple *jeu* de liaisons déjà données qui caractérise le fonctionnement. Sous tous ces aspects enfin, le facteur morphogénétique se revèle très proche, non d'un « principe vital » mystérieux, mais de l'expérience immédiate de la conscience. Tous ses aspects, thématisme, auto-conduction, etc. sont en même temps des aspects de la conscience. La conscience n'est pas une connaissance passive, c'est l'unité active d'un comportement ou d'une perception. La conscience *est* toujours une activité formative. Elle est toujours effort dynamique d'unification, sans lequel le « comportement » ne serait qu'une pure collection de mouvements, et la perception une pure juxtaposition d'effets physico-chimiques imitables par machines. Il est donc naturel de supposer qu'inversement, la morphogénèse est toujours conscience. Cette hypothèse, il faut bien le souligner, ne consiste pas à dire que la conscience *explique* la morphogénèse ; elle pose que conscience et morphogénèse ne font qu'un.

Seulement, il importe de comprendre que la conscience psychologique de l'homme ou de l'animal qui perçoit des objets dans le monde et agit sur le monde est une morphogénèse en un domaine organique spécial, celui des réseaux nerveux, de ces véritables colonies amibiennes que sont les centres nerveux, où s'improvisent et se défont sans cesse des liaisons, selon des thèmes dérivés du grand thème organique, mais adaptés au monde extérieur. Cette morphogénèse nerveuse est ensuite transposée, par le relais des machines organiques, en mouvements dans l'espace. Mais, naturellement, cette conscience ou cette morphogénèse cérébrale n'est qu'un cas particulier,



dérivé, de la conscience et de la morphogénèse organique. Un embryon qui se forme est un champ de conscience aussi bien qu'une aire cérébrale sensorielle ou motrice en activité. Il improvise aussi des liaisons nouvelles selon un thème, il est surface et mélodie absolue, comme l'écran de cinéma dans le *Mystère Picasso,* où chaque état du tableau sert de signe pour un autre état.

Parlons mieux, c'est parce que l'embryon est domaine de conscience primaire que cette partie embryonnaire que sont les réseaux nerveux peut être domaine de conscience perceptive, et peut continuer le comportement organique en l'ajustant au monde extra-organique. Nous marchons et nous voyons, nous manipulons des objets, parce que notre tissu nerveux cérébral est directement capable de se déformer et de se posséder lui-même absolument en ses formes et déformations thématiques. *Notre main de chair et d'os n'est qu'une machine auxiliaire de la « main absolue » de notre cortex cérébral.* Quand notre main de chair se formait à partir de la palette embryonnaire qui en était l'ébauche, elle était alors « main absolue », c'est-à-dire surface et mélodie se jouant et se possédant elle-même, indépendamment de la main cérébrale qui n'existait pas encore. Mais, dans notre organisme adulte, elle n'est plus « main absolue » que dans la mesure où elle est vivante, c'est-à-dire capable de se réparer partiellement et de se maintenir par nutrition et assimilation. Comme organe-outil, elle ne peut plus que fonctionner, comme une pince ou une tenaille, et tout son contrôle comportemental est passé à la main cérébrale. C'est la main cérébrale qui est « contrôle » et conscience des maniements actifs animateurs des mouvements physiques de la main organe.

Seulement, il ne faut pas être dupe de cette dissociation secondaire. L'embryon en développement est tout entier — dans la mesure où il ne commence pas déjà à fonctionner selon les machines déjà montées — champ de conscience. Un centre nerveux, un embryon ou une aire embryonnaire en formation, une amibe ou une colonie unitaire d'amibes comme

*Dictyostelium* et même, peut-on ajouter, une molécule dans laquelle les zones d'indétermination d'individualité se sont réunies en réseau continu — tous ces domaines sont, exactement au même titre, des domaines de conscience comme ils sont des domaines de morphogénèse.

La conscience n'est pas, dans la morphogénèse, un principe surajouté, un *Deus ex machina*, ou un « fantôme dans la mécanique ». Elle n'est rien d'autre que la forme, ou plutôt la formation active, dans son existence absolue.

La conscience, contrairement aux théories inspirées des idées, parfois mal comprises, de Husserl, n'est pas toujours, ni essentiellement, « conscience de... », conscience d'un objet réel ou idéal. La conscience inhérente à la formation n'est pas conscience *de* la formation, soit comme lumière, soit comme intention dirigée vers cette formation. La conscience primaire n'est pas « conscience *de*... » Seule la conscience des centres cérébraux sensoriels devient « conscience *de*... » en tant que l'aire cérébrale, étant modulée par une structure extérieure, la conscience enveloppe l'existence de cette structure ou vise un objet à travers elle et par suite peut être dite légitimement « conscience *de*... l'objet ». Mais la conscience primaire d'une formation — s'il faut absolument employer cette expression incorrecte, avec un génitif ne la *vise* pas, elle *est* cette formation même, en tant que la formation se conforme à un thème général dominant les éléments constitutifs. La conscience *d*'une action habituelle n'est pas davantage conscience des mouvements effectués (ce qui perturberait au contraire l'action) ; elle est unification active des mouvements élémentaires constitutifs, *selon* le thème de l'action. Il est aussi illégitime d'employer le « de » au sens de Husserl qu'au sens de Berkeley, s'il s'agit de la conscience organique primaire. La conscience primaire n'est ni conscience *d*'un Esprit-sujet percevant, ni conscience *d*'un Objet, réel ou idéal. La conscience *est* toute formation active, dans son activité absolue, et toute formation *est* conscience.

Le spectateur du film le *Mystère Picasso* a l'illusion



que le tableau se peint lui-même, car il ne voit pas le peintre derrière la toile. Mais si l'on considère la conscience du peintre, l'illusion du spectateur du film correspond à la réalité même : il faut bien que le tableau se forme lui-même, sans qu'un pinceau, tenu par une main, soit encore derrière la conscience.

### Philosophie du « verticalisme ».

L'enquête sur la morphogénèse ne peut s'arrêter là. Formation et conscience une fois identifiées, et caractérisées conjointement comme auto-conduction et improvisation de liaisons selon un thème, il faut passer de la description à un essai d'interprétation et trouver finalement, non certes la cause de la conscience et de la formation — cela n'aurait évidemment aucun sens — mais leur implication fondamentale. Au début de cet ouvrage nous avons employé la métaphore du « verticalisme » pour décrire l'impression générale que donnent d'abord les faits de développement. Très vite, nous avons dû constater que la métaphore avait une valeur plus que descriptive. L'induction biologique, l'évocation par simples signaux des compétences formatrices, l'apparition vraiment épigénétique, dans l'espace et le temps, de structures spécifiques complexes, tout conduit à admettre une « dimension » — non géométrique — une région « non spatiale », dans laquelle les « idéaux » des formes spécifiques subsistent à l'état « sémantique », à l'état de thèmes signifiants, analogues aux thèmes d'un acte habituel ou d'un effort de mémoire ou d'invention. Ces idéaux, à la fois, agissent dynamiquement sur l'actualisateur, et sont activement réalisés par lui, qui les assume comme *ses* idées. Ce mixte d'activité et de passivité est caractéristique de toute conscience. Les cycles à auto-régulation mécanique ne font que « symboliser », au sens leibnizien, ce caractère et ne le représentent qu'à l'état « dégénéré ».

Cette conception s'impose de toute manière pour comprendre la conscience psychologique. Les études de l'école de Würtzburg, la psychanalyse, la psychologie de l'instinct, et surtout les études sur l'aphasie,

depuis les conceptions révolutionnaires de H. Jackson, ont prouvé la réalité d'un « verticalisme » sémantique, et le rôle capital de la tâche, du thème, de la tendance dominante, dans les formations comportementales et intellectuelles, incompréhensibles si l'on reste sur le plan des pures associations « horizontales ». Le cerveau sert de « contrôle » — au sens de ce mot en cybernétique — aux mouvements de l'organisme. Il est ce qui informe ces mouvements et en fait un vrai comportement, unifié et dirigé. Mais tandis que le « contrôle » d'une machine automatique n'est encore qu'une machine, dont la construction a dû être contrôlée par un ingénieur, le contrôle cérébral s'opère directement, parce que le cerveau visible dans l'espace n'est que le lieu d'application de *feed back* non mécaniques, à idéaux et thèmes non spatiaux.

Observons en nous-mêmes la manière dont se règle notre action sur le monde extérieur. La dynamique de notre action dépend d'une valeur-but, et de valences diverses, « posées » sur des objets-moyens, obstacles ou auxiliaires, se déplaçant à mesure que progresse l'action. Ces « valenciations », inhérentes à l'activité consciente, correspondent à des changements improvisés de liaisons dans les centres cérébraux. La conscience — ou la formation de l'acte en cours — correspond ainsi à la jonction des thèmes idéaux, avec la machine organique dans l'espace. Cette « dimension » du thématisme est ce qui tient lieu, dans l'organisme adulte et auto-conducteur, de l'ingénieur contrôlant le « contrôle » des machines. Selon J.C. Eccles (1), la « volonté » — il vaudrait mieux

(1) *The neuro-physiological basis of man.* Oxford 1953. Nous ne suivrons pas Eccles quand il invoque les expériences suspectes de Rhine et sa « télékinese » pour matérialiser cette volonté comme une force propre, s'appliquant aux neurones comme elle pourrait s'appliquer à n'importe quel autre objet : dés ou cartes à jouer. Une idée, un thème d'action, est dynamique dans l'actuel par l'unité systémique qu'il fait naître dans le domaine organique dont il est le corrélatif trans-spatial, mais il n'apporte pas avec lui de l'énergie plus qu'il n'apporte de matière. La conscience est dynamique sans être une forme spéciale d'énergie. Son dynamisme est emprunté aux individualités mêmes qu'elle unifie. Elle est l'énergie indivise qui naît dans l'atténuation d'individualité des constituants du système. Ce qui apparaît au physicien comme liaison par énergie d'échange n'est autre chose qu'un champ élémentaire de conscience.

(1) J.C. Eccles, *op. cit.*, p. 277.

(2) Cf. aussi A.F. Adrian, *The physical background of perception*, et Fessard, *Nervous integration and conscious experience* (p. 229), in *Brain mecanisms and consciousness* (Symposium, Oxford, 1954).



dire : les thèmes « verticaux » — modifie l'activité spatio-temporelle des réseaux nerveux en état de fermeture instable, en exerçant des « champs d'influence » eux-mêmes structurés (1). Les ondes *alpha* ne représentent pas du tout, comme on l'a parfois suggéré, un *scanning* cérébral, mais, puisqu'elles cessent dès que commencent l'activité visuelle ou le calcul mental, une sorte de retour à un pur fonctionnement autonome de repos des réseaux nerveux, échappant au contrôle des thèmes « verticaux » (2).

Mais puisque la conscience psychologique n'est qu'un cas particulier de la conscience organique, et les formations cérébrales un cas particulier des formations organiques, toutes ces découvertes récentes de neuro-psychologie doivent être valables, *mutatis mutandis*, pour la morphogénèse en général. Tout tissu organique en développement est une zone de jonction des thèmes formateurs et régulateurs, et des structures dans l'espace. Toute formation organique est, comme l'activité cérébrale, contrôlée et régulée par *feed back* non mécaniques, à « idéal » trans-spatial. Une culture de cellules *in vitro*, à laquelle on ne fournit pas d'évocateur spécifique de différenciation, est semblable à une aire cérébrale au repos et émettant des ondes *alpha*. Mais, dans l'embryon en développement, toute aire déterminée est en circuit avec un thème grâce auquel elle dirige sa différenciation en modifiant ses liaisons internes et en déplaçant ses valences.

Pour les besoins de l'exposé, nous avons fait comme si, partant du fonctionnement et de son insuffisance reconnue, nous devions chercher un complément qui transforme le fonctionnement en comportement

morphogénétique. Mais en réalité, bien entendu, pour tous les êtres véritables, — par opposition aux purs amas — c'est le comportement morphogénétique qui est primitif, et le fonctionnement qui est dérivé. Déjà l'action, pour la physique moderne, unit indissolublement temps, espace et énergie, le découpage, selon le système considéré, de l'action en temps, espace et énergie, étant toujours artificiel et relatif. Le comportement d'un atome n'est pas décomposable en un certain fonctionnement — lui-même déjà décomposable selon l'espace et le temps absolus — et en un facteur *x*, modificateur de fonctionnement. L'atome n'est pas semblable à une machine à notre échelle, *plus* quelque chose, puisqu'il fait au contraire les phénomènes et les lois qui permettent, à notre échelle, l'existence de machines. Encore moins l'organisme est-il semblable à une machine matérielle, passivement portée dans le temps, et retouchée à chaque instant par une idée, une entéléchie, venue du ciel. Reconnaître la dimension d'un thématisme trans-spatial jointe indissolublement aux dimensions spatio-temporelles, ce n'est pas admettre le vieux dualisme de l'âme et du corps, ou de l'« entéléchie » et de la matière, ou de l'idée et de la réalité, ou d'un principe vital et de la machine organique. L'organisme n'est pas une machine, *plus* une âme. L'existant organique ne subsiste que dynamiquement dans un flux incessant qui, en peu de mois, renouvelle toutes ses molécules. Il est activité constante, permanence de dynamisme, et non permanence d'une réalité matérielle, informée après coup par une forme idéale.

En identifiant formation et conscience, il faut se garder de concevoir la conscience comme l'attribut d'un esprit substance, et l'idée thématique comme le reflet passif d'une Idée platonicienne statique. La conscience n'est ni un ingrédient distinct, sorte de substance phosphorescente surajoutée, ni l'attribut d'une substance spirituelle. La conscience n'est que l'acte, intelligent ou instinctif, toujours en train d'organiser selon le thème qu'il assume, des sous-domaines eux-mêmes en cours d'organisation. La conscience cérébrale, improvisation active de formations sur les réseaux nerveux, est sur fond de l'activité des consciences organiques qui, par exemple, ne cessent de poursuivre l'oxygénation des cellules cérébrales ou qui, dans les protéines, maintiennent activement leur forme. Le cheval n'est pas un tissu organique matériel, *plus* l'Idée de la Cabaléité. Le cheval est cheval parce qu'il « cabalise ». Son embryon, quand il a dépassé le stade « blastula », n'a pas été blastula, *plus* l'Idée de gastrula, il a gastrulé activement, aussi activement qu'un oiseau se met à migrer ou à nidifier. Obéir à une idée, à un thème mnémique ou instinctif, c'est encore être actif.



### Activité formatrice et mémoire.

Comme l'a souligné R.S. Lillie (1) après Whitehead, et comme nous l'avons souligné ailleurs (2), l'activité productrice de nouveauté apparaît comme une prérogative de la conscience, tandis que la constance des choses, le côté stable et conservateur de la nature, apparaît comme physique (3). L'existence consciente est dans le présent, et porte avec elle de la nouveauté, des intégrations nouvelles. Le passé est ce qui est laissé derrière elle, et il y a avance dans le futur. Le psychologique, dit Whitehead, fait toujours partie de l'avance créatrice de la nouveauté. Cette création consciente de nouveauté par intégration s'opère toujours sur un système déjà donné et déjà structuré par des activités antécédentes et sous-jacentes, et elle laisse à son tour son empreinte structurale, son information — au sens étymologique du mot — sur le système, qui ainsi se développe selon l'avance de la conscience, tout en fonctionnant selon les structurations déjà acquises. C'est inverser les choses que de soutenir, avec la conception du déterminisme mécaniste, que l'actualisation présente — toujours acte et toujours conscience — est déterminée exclusi-

(1) *General biology and philosophy of organism*, passim, surtout chap. XII.
(2) *Eléments de psycho-biologie*, p. 109 sqq.
(3) R.S. Lillie, *op. cit.*, p. 161.

vement par le passé, alors que c'est le passé, ou plus exactement alors que ce sont les structures déjà acquises, qui représentent au contraire les traces laissées dans les sous-systèmes intégrés, par l'avance créatrice de l'actualisation. La «détermination» biologique, loin d'être le résultat d'un déterminisme c'est-à-dire du fonctionnement de ce qui existe déjà, est toujours prospective. Elle ressemble à la mise en chantier d'un nouveau plan de fabrication ; elle inaugure une tranche nouvelle de formation ; elle est l'annonce qu'un thème nouveau va être mis en exécution. Le temps du fonctionnement pur, où le présent sort toujours du passé, n'est que le sous-produit, conventionnalisé et déformé, inappliquable aux organismes en formation, du temps de l'actualisation consciente. Dans une « tranche » d'actualisation consciente, il n'y a pas un pur écoulement du temps, du passé au présent, il y a mise en circuit d'un domaine avec un thème intemporel inaugurant une action qui fait un nouveau domaine d'espace-temps. Après coup, ce nouveau domaine apparaît en continuité avec le domaine précédent, qu'il utilise, mais il n'en sort pas comme le sable sort du sablier.

Il faut préciser toutefois la nature des « traces » et des structurations laissées par l'avance créatrice. Ces traces sont, en première approximation, de deux espèces très différentes. Contrairement à ce que semble croire R.S. Lillie (1), elles ne sont pas seulement physiques et matérielles, c'est-à-dire analogues aux traces laissées sur la cire du disque par la voix d'un orateur. Elles sont aussi « psychiques », c'est-à-dire que l'actualisation d'un thème ou d'une idée produit des effets récurrents sur le thème non spatial, et le modifie par une action ascendante qui remonte de l'actuel au trans-spatial. L'orateur qui improvise un discours en actualisant une idée, produit des effets physiques descendants sur le monde extérieur ; il produit des trains d'ondes, qui peuvent être enregistrés et conservés par la seule inertie de la cire ou d'un métal magnétique. On peut supposer aussi que

(1) *Op. cit.*, p. 96 et 164.



l'orateur, après avoir parlé, prend des notes pour pouvoir refaire éventuellement le discours improvisé. On peut supposer enfin que le système nerveux de l'orateur, dans sa structure matérielle, subit des modifications analogues à celles de la cire. Mais l'avance créatrice consciente n'a-t-elle d'autres effets que ces modifications matérielles ? La thèse est insoutenable. Supposons en effet que l'orateur veuille plus tard répéter le discours qu'il avait improvisé. Il consulte ses notes. Celles-ci, matériellement, ne sont que des traces d'encre sur une feuille. Elles ne sont rien si l'homme conscient ne les comprend, ne les interprète comme signes. Si entre temps il a été atteint d'agnosie, il est incapable de les utiliser. Dira-t-on alors que l'interprétation des signes d'écriture dépend des seules traces cérébrales de l'orateur, considérées elles-mêmes comme une sorte d'écriture ou d'enregistrement matériel laissé dans le cerveau matériel ? Mais une écriture matérielle, qu'elle soit sur tissu cérébral, ou sur papier, *ne peut se lire elle-même*. Même l'orateur devenu aphasique *essaie* de parler ; il a encore des idées, dont l'actualisation est trahie par les accidents survenus aux exécutants subordonnés, aux schémas psycho-moteurs des niveaux inférieurs, mis au point par l'activité antécédente. Il n'est pas trahi par un trouble purement matériel de traces purement matérielles. Un aphasique n'est pas pareil à une machine où les mots seraient mal imprimés. Sa conscience est un acte dirigé de structuration, acte rendu malaisé par l'état pathologique des auxiliaires psychiques habituels de structuration, autant et plus que par l'effacement de traces matérielles.

Ce qui fait illusion, et ce qui fait croire que des traces matérielles par elles-mêmes suffisent, c'est qu'il est possible, en faisant simplement tourner un disque, de suppléer complètement l'orateur. Le dynamisme banal du ressort du phonographe est tout ce qu'il est besoin d'ajouter aux structures des sillons sur le disque. De même, dans les expériences de Penfield sur le lobe temporal de certains épileptiques, l'application de l'électrode semble suffisante pour réactiver

une sorte de mémoire et de récitation automatique (1). S'il en était vraiment ainsi, la conscience active, dans un acte mnémique, serait une simple force amorphe, analogue à la force du ressort d'un phonographe. Tout ce qu'elle paraîtrait avoir de structurant lui serait fourni en réalité par la structure toute faite des traces, qu'elle ferait simplement fonctionner de nouveau.

Comment alors la conscience pourrait-elle être capable, par ailleurs, d'improviser et de « former » ? Un thème conscient n'est pas amorphe. Il est structurant, mais déjà, par lui-même, il est structuré, en ce sens qu'il comporte une intention de forme que l'acte ne fait que préciser. La mémoire est essentiellement psychologique, et les traces matérielles ne peuvent être que des auxiliaires. Un thème mnémique est un thème idéal, auquel une première actualisation a donné, par récurrence, une forme déjà précise. Prétendre le contraire, c'est revenir une fois de plus à la théorie du pur fonctionnement.

Supposons alors que l'on soit tenté de répondre qu'après tout on ne voit pas pourquoi on transformerait en postulat ce que l'on prétend démontrer. Supposons que l'on accepte la notion d'un pur fonctionnement cérébral pour la mémoire psychologique. Supposons que l'on aille jusqu'à admettre que, lorsque l'aphasique jargonne, une partie du cerveau matériel lit une autre partie du même cerveau, où des traces mnémiques sont imprimées, et mal imprimées. Qu'y aura-t-on gagné ? Absolument rien. Car si l'on passe de la mémoire psychologique à la

(1) Les observations de Penfield ont été souvent très «embellies» dans les exposés de seconde main. Penfield note lui-même qu'« une stimulation appliquée à ce qui semble le même point du cortex peut produire une mémoire entièrement différente ». Surtout les souvenirs évoqués sont thématiques et non stéréotypés. Ainsi, un patient s'exprime ainsi sous la stimulation électrique : « Le voila. C'était comme une sorcellerie. Il était en train de faire ça, il arrachait quelque chose de quelqu'un... un bâton, ou quelque chose... En haut de la rue... » (Le patient avait une attaque d'épilepsie chaque fois qu'il était témoin d'une scène où quelqu'un arrachait quelque chose à quelqu'un — sur le patron d'un souvenir d'enfance où il avait arraché un bâton à la gueule d'un chien. (*Brain mecanisms and conciousness* (Symposium), p. 296-7.



mémoire organique on ne pourra plus prétendre cette fois ramener la conscience mnémique au fonctionnement, par réactivation banale et mécanique, de traces matérielles. Si une mise en route banale, par courant faradique, des circulations nerveuses dans un cerveau adulte, peut paraître suffire à lui faire « parler » ses souvenirs, il est exclu, de toute manière, que la formation du cerveau, de l'œuf au nouveau-né, soit une simple réactivation, du même genre, de structures toutes faites contenues dans l'œuf. Il n'est pas permis de prétendre aujourd'hui, que l'œuf, avec ses gènes et son protoplasme, contient, comme une sorte de « plan écrit », ou comme le disque qu'il suffit de faire tourner, toutes les formes futures de l'organisme adulte et de son système nerveux. Toute l'embryologie expérimentale, toutes les études de l'instinct, prouvent que les thèmes dynamiques formateurs sont vraiment formateurs, organisateurs, et qu'ils ne se bornent pas à faire fonctionner, à faire « parler » des structures, puisque ces structures n'existent pas encore et puisque, justement, les thèmes formateurs les font naître. L'embryon s'édifie par l'actualisation coordonnée de toute une architecture, non spatiale, de thèmes à la fois formateurs et déjà informés. Les troubles de la formation embryonnaire sont toujours essentiellement « verticaux », comme les troubles de l'aphasie. Ils se manifestent par des condensations, des agglutinations, des duplications, des persévérations, des arrêts de développement anormaux, bref, par un mauvais passage dans l'espace des thèmes non spatiaux.

### Nature des traces matérielles.

La dualité des effets mnémiques de l'actualisation, matériels et psychologiques, spatiaux et trans-spatiaux, que nous avons admise provisoirement n'est qu'apparente. Seulement, loin que tout se réduise, comme le croit la théorie du fonctionnement, aux traces matérielles, ce sont les traces matérielles et les modifications spatiales qui se réduisent, au fond, à des modifications thématiques et trans-spatiales.

Les traces cérébrales « matérielles » sont censées

être inscrites dans la structure des protéines corticales, et conservées par inertie à travers le temps. Mais on peut prouver, par un calcul très simple fait à partir des résultats acquis par la méthode des « espions chimiques », qu'une molécule de protéine a une vie moyenne qui est de l'ordre de quelques jours. Les protéines sont détruites et refaites sans cesse. Bien plus, au cours même de ces journées moyennes de survie, la subsistance de la molécule, d'après la chimie moderne, n'est pas du tout l'inertie mécanique d'une structure, mais une persistance active selon des règles d'actualisation et de spatialisation. On ne peut donc assimiler les traces, éventuellement « portées » par ces molécules, aux lettres gravées sur le marbre par un sculpteur. Même si les protéines reproduisent, avant de disparaître, leur double exact, traces comprises, les molécules porteuses de traces ne sont pas semblables à ces fossiles où les organismes primitifs ne subsistent plus que comme formes pétrifiées. Les traces matérielles au sens ordinaire du mot : sillons sur la cire, ou lettres sur le marbre, ne sont qu'un effet massif, secondaire, à notre échelle. Et d'ailleurs toute inertie matérielle n'est aussi qu'un effet secondaire. Les molécules même de la cire ou du marbre porteur de « traces » sont, elles aussi, des structurations actives. Leur structure apparemment inerte dépend, tout comme celle des protéines organiques, d'une actualisation, d'une activité toujours en cours. C'est la mémoire primaire, c'est la subsistance trans-spatiale des thèmes en activité qui crée l'apparence massive de l'inertie matérielle et qui crée l'espace-temps du fonctionnement, comme effet secondaire et statistique. C'est l'actualisation, inventive ou mnémique, et non le fonctionnement du passé, qui fait le présent. Vouloir expliquer la subsistance des formes par l'inertie, c'est comme vouloir expliquer l'activité continue d'un atome par l'inertie d'une boule de billard.

Pratiquement, on peut parler de « traces » matérielles laissées par une actualisation, lorsque le thème trans-spatial de la formation est considéré dans ses effets seulement *terminaux*, sur un matériel considéré



comme massivement homogène. L'orateur parle devant un magnétophone : en parlant, selon un thème signifiant d'ensemble, il met en jeu des schémas linguistiques et des schémas moteurs auxiliaires (déjà informés par ses efforts d'expression précédents), dans une cascade de déterminations improvisées, analogues aux déterminations en cascade de l'embryogénèse. Finalement, la forme thématique de son intention aboutit à des modifications d'un métal magnétique, en d'autres termes, à une modification de liaisons moléculaires. Ces modifications, pour un chimiste moderne, sont encore des modifications d'« activités » atomiques et intra-atomiques, mais, en gros, et pratiquement, il peut être permis de les considérer comme des traces structurales. L'effort d'expression de l'orateur, en cours de « route » — dans l'architecture verticale du trans-spatial — a des effets mnémiques sur les schémas linguistiques : en parlant, on produit des vibrations de l'air, mais aussi, et d'abord, on apprend à parler, on crée des ensembles partiels mieux appropriés à l'expression en général. Les modifications terminales, dites « matérielles », sur le magnétophone ou sur le tissu nerveux ne sont pas au fond d'autre sorte que les modifications mnémiques sur les schémas psychologiques linguistiques. Mais elles sont au dernier niveau et, par suite, on peut pratiquement les confondre avec la modification spatiale d'une matière plastique.

Encore faut-il ne pas se laisser égarer par cette manière simplifiée de considérer les choses, et faut-il ne pas tomber dans l'illusion de réduire la subsistance du réel à l'inertie spatiale, alors que l'inertie spatiale n'est qu'une idéalisation limite. L'embryologie, aussi, aboutit finalement à des phénomènes physico-chimiques et elle semble s'y réduire. Mais, dans ce cas, l'illusion est plus difficile — bien que l'aveuglement par les préjugés puisse la maintenir — à cause de l'énorme décalage entre le point de départ et le point d'arrivée. Il est difficile de convaincre ceux qui veulent réduire la mémoire de l'orateur à des traces matérielles dans son cerveau. Un cerveau est tellement compliqué que l'on peut tout y supposer. Il ne devrait

pas être difficile de convaincre que la mémoire par laquelle un œuf devient un homme ne peut être réduite à des traces matérielles dans l'œuf, et qu'elle suppose toute une architecture de thèmes trans-spatiaux dont l'œuf, puis l'embryon, n'est que le point d'appui spatial, ou quasi-spatial, toujours modifié à mesure que s'opère leur évocation.

### La pyramide des formes.

Au bout de l'enquête sur la morphogénèse, nous trouvons donc la nécessité d'admettre une sorte de dimension non géométrique contenant les thèmes formateurs. Le « verticalisme » n'est pas une simple métaphore. Ces thèmes règlent l'activité incessante qui fait la vie. De même que la conscience psychologique est toujours effort selon un sens idéal, effort qui se traduit par des montages psycho-physiologiques jamais complètement imitables par des montages mécaniques à automatisme, la conscience formative est toujours effort selon des thèmes, plus stéréotypés et plus mnémiques de caractère, mais non moins idéaux et trans-spatiaux.

L'économie des hypothèses est une bonne chose. On peut même admirer la persévérance des biologistes à expliquer la formation par des phénomènes physico-chimiques. Mais la vertu d'économie peut être poussée trop loin, et elle n'est parfois que manque d'imagination. Celui qui s'obstine à faire quatre triangles équilatéraux avec six allumettes, en les laissant à plat sur une table, et sans songer à les disposer en tétraèdre, fait une économie aussi, mais malencontreuse.

Dans tous les domaines où l'on trouve des formes complexes, organiques ou para-organiques, il est remarquable que la pyramide des formes semble posée sur sa pointe. Le langage écrit repose sur vingt-quatre lettres et quelques dizaines de signes ; les phrases et les discours les plus complexes aboutissent toujours à quelques dizaines de sons fondamentaux ; la musique repose sur quelques notes. Les actions les plus compliquées, les manœuvres les plus savantes,



aboutissent, dans le système nerveux, à quelques commandes musculaires toujours les mêmes. De même, les machines à calculer les plus perfectionnées reposent, au fond, sur le jeu de pulsions électriques élémentaires qui substituent zéro à un, et un à zéro. Bien plus, l'incroyable variété des phénomènes dans l'univers entier se réduit finalement toujours à des déplacements et réarrangements de particules élémentaires toujours les mêmes, électrons, neutrons, neutrinos. Il est vraiment inconcevable que toute la pyramide s'explique par sa pointe, par des mouvements de particules dans l'espace, et que les plus grands chefs-d'œuvre, de la nature comme de l'art, ne soient « qu'un lexique en désordre ». Pour que la pyramide tienne, il faut une conscience propre des formes.

### Morphogénèse et raison.

Expliquer, d'une manière plus ou moins renouvelée de Démocrite, toutes les formes, qu'elles soient de type I, II ou III par la forme zéro, c'est-à-dire par le désordre fondamental des rencontres d'atomes ou d'éléments, est de toute manière exclu par la science moderne, qui reconnaît, dans la forme zéro, dans l'agitation moléculaire statistique, dans les équilibres et les lois de la physique classique, des phénomènes dérivés. La subsistance des formes I, II ou III ne peut dépendre que d'un rapport direct avec un domaine d'ordre.

Si l'on essaie, laissant provisoirement de côté le détail des explications scientifiques, de *comprendre en gros* la morphogénèse organique, comme un auditeur essaie de saisir ce que veut dire un orateur sans penser à la suite des sons qu'il articule, ou comme l'usager d'une machine essaie de saisir en gros le rôle de ses organes, sans suivre dans le détail les procédés de réalisation, on saisit clairement *une raison* dans les formes. Par exemple, on voit clairement que tout organisme doit utiliser des sources d'énergie comme une machine. On voit clairement la raison pour laquelle la respiration, dans un multicellulaire de

grande taille, demande un système de canalisations plus complexe que la respiration, d'un protozoaire ; on voit pourquoi le système respiratoire d'un insecte peut être plus simple que celui d'un mammifère, pourquoi le cœur d'une souris ou d'un moineau doit battre plus vite que le cœur d'un éléphant. On voit clairement la raison des organes de photosynthèse dans les végétaux. On voit la raison pour laquelle une plante peut et doit avoir un mode de croissance très différent de celui d'un animal, avec des parties solidifiées qui ne croissent plus, et des parties spécialisées qui assurent une croissance continuée. On voit aussi la raison générale qui préside aux systèmes divers de coordination organique ou inter-organique, dans les sociétés cellulaires ou les sociétés animales et humaines. Bref, les formes organiques sont intelligibles dans leur technique générale, qui s'est heurtée aux mêmes problèmes et a souvent trouvé les mêmes solutions que la technique humaine la plus lucide et la plus consciente. Bien avant que l'on ait songé à définir la cybernétique, on s'était rendu compte que la technique organique pouvait inspirer la technique industrielle et que le progrès de la technique industrielle pouvait permettre une meilleure compréhension de la technique organique. Toutes les formes, qu'elles soient I, II ou III, paraissent tributaires d'une même Raison.

Mais ce qui est mystérieux c'est la manière dont les divers types d'êtres peuvent atteindre cette Raison. Les sociétés humaines civilisées, pour faire progresser leur technique et perfectionner les formes de leur machinerie industrielle, sont obligées de créer des bureaux d'études et d'organiser la recherche scientifique. Où sont les bureaux d'études et le C.N.R.S. des organismes ? Et pourtant les organismes ont trouvé, avant les laboratoires humains, l'aviation, la pile électrique, la machine à calculer, le sondage par ultrasons, etc.

Il en est du problème de l'invention organique en général, comme du problème de la vision, de la locomotion, de la manipulation. Par une étrange naïveté anthropomorphique, on croit l'invention technique



naturelle et explicable, si elle est due à un homme, s'il y a un inventeur professionnel, muni d'un bon cerveau, et travaillant dans un laboratoire subventionné. Une invention technique dans l'organisme, sans un savant de profession et sans laboratoire de recherche, paraît mystérieuse et paradoxale, et l'on ne voit d'autre solution raisonnable que de l'attribuer entièrement au hasard des mutations.

C'est oublier simplement que le cerveau humain qui invente n'est d'abord lui-même qu'un tissu organique, qu'un réseau de cellules, et que *toute la mise en scène humaine et sociale de l'invention n'est qu'auxiliaire et accessoire.* Dans l'invention humaine du radar ou de l'aviation, tout a fondamentalement reposé sur l'autoconduction de quelques cellules d'une substance grise, en laquelle ont dû se combiner d'eux-mêmes, selon un thème de recherche, des schémas de montage.

« Comment une colonie cellulaire peut-elle inventer, sans cerveau, les dispositions techniques rationnelles de l'organisme ? » La question est naïve. Qu'est-ce que le cerveau, sinon une colonie ou un réseau cellulaire ? L'homme qui s'émerveille devant les inventions organiques d'une colonie d'amibes ou d'un tissu embryonnaire oublie simplement que ses propres inventions sont elles-mêmes des inventions organiques et des formations cellulaires corticales, accessoirement transposées.

Laissons donc aux pseudo-rationalistes cette assertion qu'il est superstitieux de croire à la finalité organique, et que l'action finaliste ne peut se concevoir que dans la psychologie humaine, et grâce au cerveau humain. Le caractère en gros rationnel de la morphogénèse s'explique par la mise en circuit directe de tout domaine organique avec le monde des thèmes tran-spatiaux. Les formes I sont aussi bien en circuit avec ces thèmes que les formes II ou III. Ou plutôt, les formes II et III ne sont en circuit avec ces thèmes que parce qu'elles sont des cas particuliers de formes I. L'homme n'est conscient, intelligent et inventant que parce que toute individualité vivante est consciente, intelligente, et inventante.

### Homogénéité de l'intelligence.

Il y a homogénéité fondamentale, dans tous les organismes, de la conscience, de l'intelligence, de la finalité, de la capacité de généralisation et d'abstraction selon un sens. Tout cela appartient essentiellement à toutes les formes vraies. N'importe quelle individualité organique, au sens le plus large du mot, est non seulement surface absolue se possédant elle-même, champ de conscience, mais intelligence inventive.

Les psychologues qui fabriquent des tests dits d'intelligence se sont heurtés à de graves difficultés chaque fois qu'ils ont voulu utiliser ces tests sur des groupes non culturellement homogènes.

En appliquant, par exemple, les premières versions du test de Binet à des garçons et à des filles, à des ruraux et à des urbains, à des enfants appartenant à des classes sociales différentes, on s'est aperçu que le contenu des tests favorisait ou défavorisait un groupe : garçons, enfants de la bourgeoisie, ou enfants des villes. Le même problème intellectuel, suivant qu'il est appliqué à des billes ou à des poupées peut paraître plus facile à un garçon qu'à une fille. Un test demandant la connaissance du mot « sonate » est plus aisé pour les enfants de la bourgeoisie que pour les enfants du peuple. Pour remédier à cet inconvénient, on a alors « balancé » les tests, en égalisant les contenus jusqu'à ce qu'ils ne favorisent plus un groupe particulier (1). Mais alors, il devient impossible de tirer des conclusions sur l'égalité ou l'inégalité intellectuelle des groupes testés. Des scores égaux, par exemple, entre garçons et filles, prouvent simplement que les tests ont été bien balancés. Des scores inégaux ne prouvent pas nécessairement que garçons et filles sont intellectuellement inégaux, mais peut-être simplement que l'opération de balance des tests a été insuffisante. Il est encore plus difficile d'essayer de faire des tests dits *culture free*, même non linguistiques. Des dessins représentant un violon, un porte-mine, un couteau de poche, un téléphone, seraient naturellement indéchiffrables pour des enfants mélanésiens, On peut n'utiliser que des contenus censés communs à toutes les cultures, et essayés dans diverses cultures, (*cross cultured tests*). Mais le simple usage de papier et de

(1) A. Anastasi, *Psychological testing*, p. 169 et 255.



crayon, ou même la seule présentation de tâches abstraites sans signification pratique, dans une certaine atmosphère de motivation, favorise ou handicape certaines cultures.

Il est aisé de voir combien grave est cette situation, non seulement pour la signification à donner aux tests d'intelligence, mais pour la notion même de différence intellectuelle. En effet, en poussant les choses jusqu'au bout, la même difficulté fondamentale se retrouve si l'on fait des expériences sur le psychisme de diverses espèces animales. Un chimpanzé paraît, en gros, plus intelligent qu'un chien, et un chien plus intelligent qu'une poule. Mais il faudrait pouvoir faire des tests « *instinct free* » avant d'en décider réellement. Le chimpanzé a une main et aussi un instinct de se saisir des branches, et il y a pour lui un « âge du bâton » instinctif. Le maniement du bâton fait à l'homme une impression d'intelligence surtout parce qu'il lui rappelle un geste humain. La patte du chien est incapable, et pour cause, d'une telle performance. Mais cela prouve-t-il que le chien est moins intelligent, ou seulement que le chien, dans sa « culture organique », dans son « éthologie » instinctive, a d'autres points d'application de l'intelligence ?

Là encore nous arrivons à l'amibe. Encore plus sûrement que le jeune Mélanésien ou le jeune Indien de l'Amazonie, elle serait handicapée devant un test avec papier et crayon. Mais serait-ce inintelligence, ou manque d'un certain « contenu acquis » dans son mode de culture organique ? Est-il plus intelligent de marcher avec des jambes, ou de manger avec une bouche, que de réussir à marcher ou à manger sans jambes et sans bouche, rien qu'avec des déformations appropriées du protoplasme ? Il est en tout cas, dira-t-on, plus intelligent de s'être fait, au cours de l'évolution, des jambes et une bouche commodes. Mais est-ce chance ou adresse ? La chance et le hasard, qu'il est absurde d'invoquer pour remplacer la conscience et l'intelligence organique, ont leur rôle pour expliquer *le bonheur inégal* de l'intelligence organique, aux prises avec des milieux et des circonstances différentes. Les « inégalités » des cultures

humaines, les ethnologues hésitent à les rattacher à des inégalités intellectuelles, car ils aperçoivent trop bien les différences dans les directions d'application. De même, c'est pur préjugé de classe, le plus souvent, que de croire plus intelligent un homme qui, simplement, applique son intelligence à une échelle plus vaste, ou à un matériel plus particulier. Un ministre n'a pas nécessairement à faire plus d'efforts intellectuels pour équilibrer un budget portant sur des centaines de milliards, qu'un maire pour régler les dépenses de sa commune. Un ouvrier habile aurait pu devenir un savant de laboratoire s'il avait appliqué son intelligence à des objets différents. Il n'est pas plus difficile, en principe, de trouver la conclusion d'un syllogisme quand il porte sur des atomes ou des électrons, que quand il porte sur des billes, bien qu'en fait, comme l'expérience le montre, le sujet peu familier avec un certain « matériel » de raisonnement se laisse troubler. Nous avons tous, de même, ce que l'on pourrait appeler un « préjugé d'espèce », un préjugé biologique. Les civilisés du moins, car beaucoup de primitifs, avec une sagesse digne de Montaigne, considèrent les animaux avec lesquels ils sont en contact par la chasse, comme des êtres aussi rusés que les hommes, mais avec des habitudes différentes. Précurseurs en cela, non seulement de Montaigne, mais des psychologues de l'instinct qui font aujourd'hui de l'« éthologie comparée » et qui mettent sur le même plan les échantillons de cultures animales et les échantillons de cultures humaines (1).

Ce qui donne un faux aspect de paradoxe, et même de pur jeu, à la thèse de l'homogénéité de l'intelligence, c'est que, en fait, bien entendu, ce qui intéresse les testeurs, comme ce qui intéresse les utilisateurs d'hommes ou d'animaux, ce sont les capacités de fait, actuelles, ou quasi actuelles, des individus ou des espèces. En fait, aujourd'hui, l'ouvrier qui aurait pu devenir aussi bien un savant de laboratoire ne peut être reconverti. En fait, aujourd'hui, le chimpanzé est

(1) Cf. TINBERGEN, *Etude de l'instinct*, et *Social behaviour in animals.*



capable de performances inaccessibles aux chats ou aux chiens. Il est *pratiquement* impossible de dissocier l'activité intelligente de ses habitudes d'application. Mais pour le problème général de la formation, qui est notre problème, ce paradoxe est la vérité même. Comme le souligne C.T. Morgan, la capacité de généralisation, de réaction « au semblable » peut s'observer chez des animaux placés fort bas dans l'échelle phylogénétique et « à cet égard, il n'y a pas eu de changement essentiel au cours de la phylogénèse » (1).

Sous le facteur *g* de Spearman, c'est-à-dire sous la capacité caractéristique de l'intelligence et de la conscience cérébrale de passer de termes donnés à la relation qui les unit, ou d'un terme et d'une relation donnés à un deuxième terme uni au premier selon la relation (2), on discerne une capacité organique générale, que l'on pourrait baptiser « facteur *gamma* », non seulement « noégénétique », mais « morphogénétique », et qui agit selon les mêmes lois. Qu'est-ce que la reproduction, la régénération, l'équipotentialité caractéristiques de toute vie, sinon la capacité de « généraliser », d'agir selon le semblable ou le thématique, et non selon de pures causes ? Puisque, nous l'avons constaté, la reproduction même d'un virus ou d'une protéine ne peut être un moulage mécanique, il faut bien qu'elle soit une « éduction de corrélats », qu'elle soit, indissolublement, morpho- et noé-génèse.

Nous ne faisons que retrouver ainsi notre conclusion fondamentale, et l'identification de la formation et de la conscience. Il ne faut pas oublier que les deux principes de Spearmann : « éduction des relations », « éduction des corrélats », dépendent eux-mêmes d'un premier principe, qu'il appelle justement « principe de conscience », ou, « principe d'appréhension de l'expérience » (3) : « Toute expérience vécue tend à

(1) *Psychologie physiologique*, I, p. 144.
(2) SPEARMAN, *The nature of intelligence*. Les spécialistes des tests intellectuels critiquent vivement, aujourd'hui, le « facteur *g* » et la notion d'une intelligence générale. Mais le manque d'intérêt pratique de la notion est précisément lié à son universalité. Le facteur *g* ou *gamma* est présent en tous les êtres vivants et ne peut servir à les discriminer.
(3) *The nature of intelligence*, ch. IV.

évoquer immédiatement une connaissance de son caractère, et un « je » expérienceur. » Cela revient à dire que conscience et vie ne font qu'un.

L'homogénéité de l'intelligence — ou de la conscience — dans tout l'ordre de la vie, est, sous une forme plus générale et, croyons-nous, plus vraie, la vieille idée, chère à la philosophie du XVII[e] siècle, de l'homogénéité de la raison humaine et de la Raison divine. Ou même, elle est l'idée plus vieille encore d'Héraclite, qui avait foi en un Logos commun. Ce n'est pas seulement quand l'homme fait de la géométrie que sa raison s'unit à la Raison ; c'est tout être vivant qui, en se formant ou en maintenant sa forme, s'unit avec le principe de toute forme, à travers les canalisations acquises de sa mémoire organique ou psychologique. Un théologien pourrait dire que le facteur *g*, ou *gamma*, c'est Dieu présent en tout être.

### L'ÉPIGÉNÈSE MÉTAPHYSIQUE.

Reconnaître l'homogénéité de la conscience ou de l'intelligence dans tout le domaine de la vie, ce n'est pas ajouter une métaphysique aventureuse à une étude qui s'est voulue aussi proche que possible des données scientifiques, c'est gagner le moyen de répondre à une dernière et apparemment grave difficulté. En rejetant l'idée fausse de fonctionnement, on rejette tout préformationisme. Mais en invoquant un thématisme trans-spatial, n'est-on pas conduit à remplacer une pré-formation mécanique par une pré-formation métaphysique, et à mettre simplement les modèles de la forme hors de l'espace, au lieu de les chercher dans un coin de l'espace ? La réponse peut être tirée de l'expérience humaine, puisque celle-ci est homogène à toute la conscience organique. L'expérience de la technique ou de l'art révèle avec évidence que la morphogénèse par intervention humaine est dirigée par des idéaux, guidée par des possibles entrevus ou des impossibles durement éprouvés, mais qu'elle n'est pas la copie d'un modèle tout fait. L'inventeur sait en gros ce qu'il veut, — au moins dans ce que Claparède appelle justement l'invention dirigée — mais il



ne peut lire, ni en lui ni dans le ciel, les détails de la forme à créer, il faut qu'il risque et essaie. On a voulu la télévision par analogie avec la radio, on a entrevu sa possibilité et soupçonné les directions de recherche, mais le modèle n'en existait nulle part, et pas plus dans un ciel platonicien que dans notre espace. Le guide de la conscience et de l'intelligence active n'est pas un Ingénieur ou un Architecte transcendant.

C'est justement l'expérience humaine de l'invention qui interdit tout anthropomorphisme dans l'idée que l'on peut se faire du principe de la création et de la morphogénèse organique. Le prophète ou le pécheur inquiet imagine volontiers, au-dessus de lui, une sorte de Super-homme qui lui parle ou le menace. Mais l'inventeur ou l'artiste, mais le créateur de formes, tout en croyant à une norme de réussite et parfois à l'inspiration, sait très bien que cette inspiration ne vient pas, en tout cas, d'un souffleur de théâtre. C'est lui, et nul autre, qui doit corriger, retoucher, éliminer les défauts de l'œuvre et la rapprocher laborieusement de l'idée qu'il veut incarner. Et c'est lui encore qui doit profiter des hasards heureux en les remarquant et en les conservant. Lorsque l'on passe de l'invention humaine à l'invention organique, de la noégénèse psychologique à la morphogénèse organique, cette allure fondamentale ne change pas. L'organisme se forme avec risques et périls, il n'est pas formé. Les différences, si considérables qu'elles soient, ne portent pas sur l'essentiel. Elles tiennent d'une part au caractère plus mnémique de l'organogénèse, qui la fait ressembler au remplissage d'un problème de « mots croisés » par l'inventeur lui-même du problème, retrouvant une grille et des définitions inventées par lui autrefois, et devant s'appliquer de nouveau à résoudre ses propres problèmes. Elles tiennent d'autre part à ceci que l'organisme se fait lui-même directement et n'a pas, comme l'*homo faber*, à transporter son « faire », par relais cérébraux, sur un matériel extra-organique. L'être vivant est à la fois agent et « matériau » de sa propre action. Il est pareil à un tissu cérébral qui n'aurait pas à jouer le rôle d'un

premier relais pour une réalisation extra-organique, et qui se suffirait à lui-même. L'être vivant se forme directement selon le thème, sans que le thème ait d'abord à devenir idée-image, et modèle représenté.

La différence de la morphogénèse et de la noégénèse est donc finalement superficielle. L'être vivant se forme bien comme l'idée psychologique se forme en nous, sinon comme l'idée se réalise secondairement par nos mains. La véritable expérience humaine de l'invention, l'invention vraie, celle de l'idée même, échappe à l'analyse et s'opère par actualisation directe. Pour citer un poète :

*Even an artist knows that his work was never in*
*[his mind.*
*He could never have thought it before it happened* (1).

L'invention ne va pas au hasard, elle est dirigée par un thème. Mais concevoir ce thème trans-spatial comme un modèle à copier — dans l'invention ou la morphogénèse — serait être dupe d'un caractère tout secondaire et particulier de l'invention humaine.

La morphogénèse n'est ni travail de copiste, ni pure force qui va. Corrélativement, son Logos directeur n'est pas un modéliste de grand couturier, ou un fabricant d'automates mécaniques. C'est tout un ordre non spatial, un idéal informulé mais efficace, un guide d'activité indissociable de l'activité. Il ne garde pas pour lui tout l'être réel, les formes n'en étant que la copie. Mais il n'est pas non plus un pur Rien illusoire. La réalité des organismes et des êtres actuels suppose un être non parménidien. Une action, ou une formation authentique, échappe au dilemme parménidien de l'être et du non être. L'être, opposé au non être, ne peut caractériser un « être actif », car un « être actif », par définition, cherche à être et n'est pas. S'il était purement et simplement, il n'agirait pas. L'être, opposé au non être, ne peut caractériser non plus

(1) D.H. LAWRENCE, *Last Poems*. Nous empruntons cette citation de D.H. Lawrence et la suivante, à l'étude approfondie de Leone VIVANTE, dans *A Philosophy of potentiality*.



l'idéal directeur, le thème d'une forme non encore formée, car s'il était, il n'aurait pas besoin d'une actualisation active. Seul l'ensemble « thème → forme » est. Isoler l'un de l'autre les deux termes, c'est les condamner l'un et l'autre à l'évanouissement. La formation active thématique, seule, est. Sa décomposition conventionnelle en « thème pur » et « forme pure », ne laisse plus que deux ombres. Pour donner encore, de Lawrence, une citation répondant à la précédente :

*Even the mind of God can only imagine*
*Those things that have become themselves.*

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

# TABLE DES MATIÈRES


*Introduction* ..... 5

CHAPITRE PREMIER. — Verticalisme et thématisme .. 11

CHAPITRE II. — De la molécule à l'organisme .... 49

CHAPITRE III. — La reproduction interne ..... 84

CHAPITRE IV. — Morcelage et socialisation du développement ..... 98

CHAPITRE V. — Les stimuli-signaux ..... 108

CHAPITRE VI. — La « compétence » ..... 129

CHAPITRE VII. — Déroulements autonomes et comportements régulés ..... 140

CHAPITRE VIII. — Formations ouvertes et jargons markoviens ..... 170

CHAPITRE IX. — Les formations en « mots croisés » ..... 190

CHAPITRE X. — Les complexes « spectacle-spectateur » ..... 203

CHAPITRE XI. — Formes I, Formes II, Formes III . 217

CHAPITRE XII. — Philosophie de la morphogénèse . 233